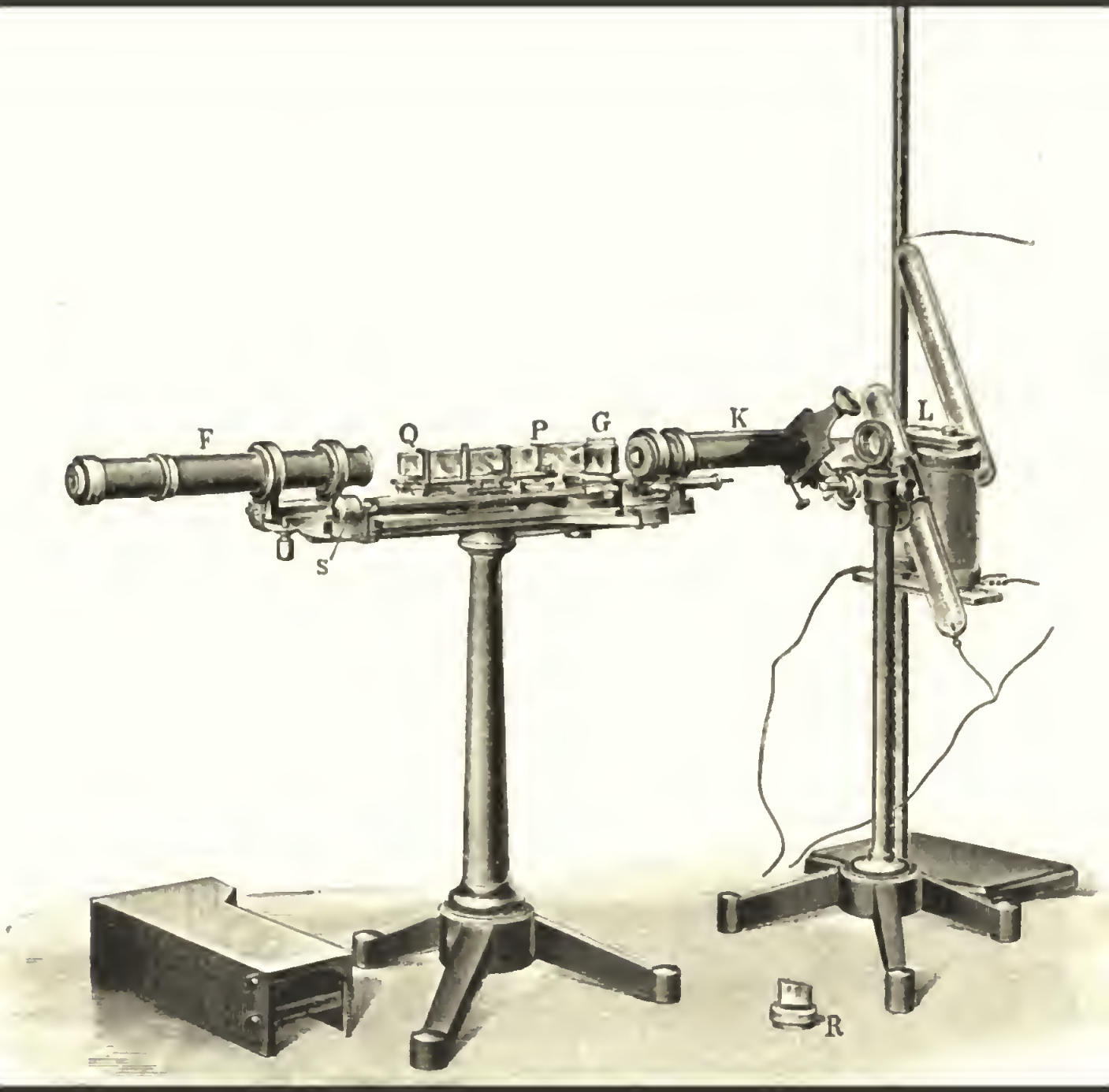
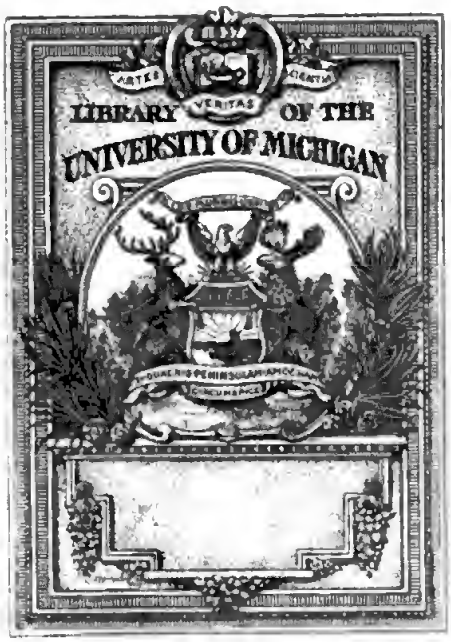


Zeitschrift für Instrumentenkunde

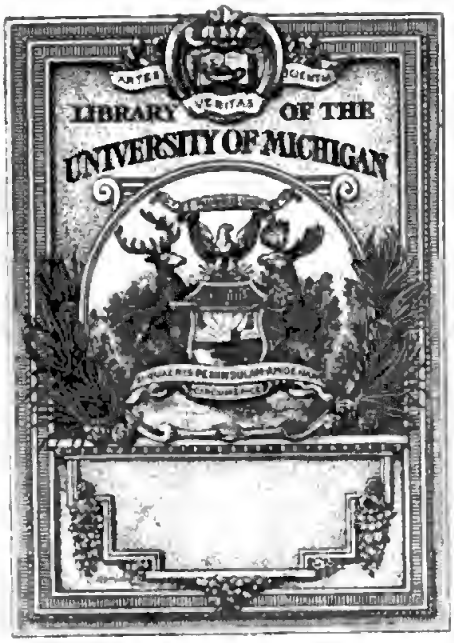
Ernst Dorn



Digitized by Google

530.6
Z5
I6

Digitized by Google


LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN

530.6
Z5
I6

Digitized by Google

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

L. Ambronn in Göttingen, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. v. Neumayer** in Neustadt a. H., **A. Repsold** in Hamburg, **A. Ruepprecht** in Wien, **R. Straubel** in Jena, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Achtundzwanzigster Jahrgang 1908.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1908.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Thermokraftfreier Kompensationsapparat mit fünf Dekaden und konstantem kleinen Widerstand. Von H. Diesselhorst 1
Neuerungen am Feinnivellier-Apparat. Von E. Hammer 13
Über einen Geschwindigkeitsmesser für strömende Luft (Aërodromometer). Von H. Zwaardemaker 17
Über die Sprungsche Vereinfachung meines Regen-Auffangapparates und über einen neuen Regenautographen. Von W. Gallenkamp 33
Kompensationswiderstand für das Kadmium-Normalelement. Von H. Diesselhorst 38
Neuer Druckanemograph von Rohrdanz. Von M. M. Rykatschew 41
Über eine Störung an hochempfindlichen Quadrantelektrometern. Von H. Schultze 61
Bestimmung des Mitschwingens bei Pendelapparaten mittels des Niveaus. Von O. Hecker . . 70
Über Stand-Phototheodolite und deren Gebrauch an Bord eines Schiffes. Von C. Pulfrich . 72
Interferenzapparat zur Messung der Querkontraktion eines Stabes bei Belastung. Von E. Grüneisen 89
Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1907 . . . . . 101. 139. 172
Beschreibung von zwei neuen Raumwinkelmessern. Von L. Weber 129
Über die lineare Ausdehnung der Skalengläser bei höheren Temperaturen. Von H. F. Wiebe und G. Moeller 137
Zur Theorie der Prismenfernrohr-Objektive. Von H. Harting 165
Ein vierfacher Spektralspalt. Von M. Rinck 169
Die Justierung des Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers. Von Fr. E. Wright 201
Ein empfindliches Drehspulengalvanometer von kleinem Widerstand der Firma Siemens & Halske. Von W. Jaeger 206
Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf elektrische Widerstände. Von St. Lindeck . . . 229
Eine Methode zur Bestimmung der Fehler von Mikrometerschrauben. Von E. Keil 243
Ein Gitter-Spektroskop mit einer nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube. Von F. Löwe 261
Apparat zur Registrierung der Schlinger- und Stampfbewegungen von Schiffen. Von O. Hecker 265
Zur Hartmannschen Methode der Zonenprüfung. Von H. Erfle 289
Die thermometrischen Eigenschaften des alkalifreien Glases 477^{III}. Von H. F. Wiebe . . . 293
Verbesserungen der Vierordtschen Doppelspaltmethode. Von H. u. P. Krüß 296
Dekaden-Widerstandskasten mit vier Spulen in der Dekade. Von A. Bombe 301
Über die Ausmessung stereophotogrammetrischer Küstenaufnahmen vom Schiff aus. Von C. Pulfrich 317
Untersuchungen über das Silbervoltameter. Von W. Jaeger und H. v. Steinwehr . . 327. 353
Einfacher Quarzspektrograph (Notiz dazu S. 384). Von O. Reichenheim 340
Ein Universalspektrograph, konstruiert von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam. Von A. Hagenbach 368

Referate.

Das Heliomikrometer 20
Abakus der Höhe und des Azimuts des Polarsterns (für Canada) 21
Genauigkeitsversuche mit einem Bohneschen Aneroid 22
Aperiodische Wage mit Eigendämpfung 24
Beasleys Registrier-Gaskalorimeter 25
Über die Messung sehr tiefer Temperaturen 27. 82

202045

Digitized by Google

Seite

Einfaches Interferenzspektroskop 28
Über Blattelektrometer 30
Eine Methode, vorübergehende Erscheinungen durch den Oszillographen aufzunehmen 30
Ein sehr starker Elektromagnet (Notiz dazu S. 88) 31
Über den Vergleich zwischen mehreren Gleichungen eines Maßstabes 48
Die neueren Bestimmungen des Volumens eines Kilogramm Wasser. — Bestimmung des Volumens eines Kilogramm Wasser 49
Die Umwandlungstemperatur des Manganchlorürs 50
Chrystals neue selbstregistrierende Limnimeter 50
Studien zur Sensitometrie I. Die Tageslicht-Sensitometrie photographischer Platten und Vorschlag eines einheitlichen Dispersions-Systems 53
Über Hitzdraht-Wattmeter und Hitzdraht-Oszillographen 54
Zweite Studie über den Zirknmzenitalapparat (Notiz dazu S. 164) 78
Das Planimeter und seine Erfindung 79
Eine einfache Methode zur Bestimmung der periodischen Fehler von Mikrometerschrauben . . 80
Verbesserungen an der rotierenden Quecksilber-Luftpumpe 81
Apparat zur Erzeugung der Funkenspektra von Lösungen 83
Anordnung zur Verhinderung des Rückstoßes in Quecksilber-Luftpumpen 116
Die Genauigkeit der Nonienablesung 117
Über ein neues Verfahren der Körpermessung 117
Hängender Kollimator zur Bestimmung des Zenitpunktes 121
Entwurf einer Maschine für sehr hohe Drucke 121
Über einen Mechanismus zur genauen Erhaltung des Minimums der Ablenkung bei einem Prismenzug 122
Störungsfreies Magnetometer für Eisenuntersuchung 123
Theodolitunterbau mit kardanischer Einhängung 158
Zwicky-Reißsche Libelle mit Scheurers Skalenhalter 159
Ein Ausdehnungspyrometer 159
Eine Form des Kosinus-Flimmerphotometers 160
Markscheiderische und geodätische Instrumente nach Ceéti 189
Die Wärmeleitfähigkeit von Wärmeisolierstoffen 190
Bimetallisches Blatt-Aktinometer 192
Spektralapparat für Polarisations- und Phasendifferenzmessungen 194
Universalphotometer von Trotter 195
Prisma zur Markierung eines Hülfsziels 196
Messung induktiver Widerstände mit hochfrequenten Wechselströmen. Methode zur Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten 196
Eine neue Sextanten-Form 210
Der Doppelkompaß 211
Kalorimeter zur Bestimmung des Heizwertes von Gasen und Flüssigkeiten 216
Untersuchungen ebener Reflexionsbeugungsgitter mit Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit zur absoluten Messung von Lichtwellenlängen (siehe auch S. 275 u. 276) 217
Ein neues Photometer 221
Über den Gebrauch einer veränderbaren gegenseitigen Induktion 222
Das Turmteleskop des Mount Wilson-Observatoriums 245
Ortsbestimmung im Ballon 247
Das Linear-Planimeter Weber-Kern 247
Untersuchungen über die fraglichen Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper 249
Neue Studien über das Hypsometer 250
Ein neues Verfahren zur Aufnahme der Lichtverteilungskurve und des Gleichförmigkeitsgrades künstlicher Lichtquellen 252
Das Königsche Spektralphotometer in neuer Anordnung und seine Verwendung zur Bestimmung chemischer Gleichgewichte 254
Nullinstrument für Ionisationsmessungen. — Radioaktive Messungen nach der Methode der konstanten Ausschläge 255
Eine Basismessung mit Invardraht, Mikroskop und Lupe. — Zur Entwicklung der Basisapparate und Basismessungsmethoden 268

Digitized by Google

Seite
Rotierende Kapselpumpe nach Gaede 271
Ein neues Spektrophotometer nach Art des Hüfnerschen 272
Über die Verwendung von Heliumlicht zur Messung optischer Konstanten 273
Erwiderung auf das Referat über die Arbeit von E. Giesing: „Untersuchungen ebener Reflexionsbeugungsgitter u. s. w.“ 275
Erwiderung auf vorstehende Bemerkungen 276
Eine neue Stromwage und eine Bestimmung der elektrometerischen Kraft des Normal-Weston-Kadmiumelements 278
Messungen mit dem Eisenprüfer 284
Ein neuer Entfernungsmesser 302
Über die Veränderungen des Nickelstahls 303
Über absolute Messungen der Schallintensität. Die Rayleighsche Scheibe 304
Über das Vakuumbolometer 305
Neue Auswertung des Meters in Lichtwellenlängen 307
Neue Bestimmung des Verhältnisses der elektromagnetischen Einheit der Elektrizitätsmenge zur elektrostatischen 309
Verteilte Kapazität in Widerstandskästen 313
Die Mills-Expedition der Lick-Sternwarte nach der südlichen Halbkugel 342
Über die Bewegung von Niveaublasen 344
Trigonometrischer Rechenschieber 346
Über scheinbare Abweichungen vom Mariotteschen Gesetz und deren Einfluß auf die Messung kleiner Drucke 346
Die Eisenlinien als Vergleichsspektrum bei relativen spektroskopischen Messungen 349
Stereophotogrammetrische Landesvermessung. — Autostereograph 371
Planimeter System Pregél 373
Fahrbarer Staffelapparat 373
Die Ausdehnung des Wassers 374
Über die Normal-Temperaturskale zwischen 0° und 100° C. 375
Gefäß-Totalreflektometer und Achsenwinkelapparat in Verbindung mit dem Babinetschen Goniometer 380

Bücherbesprechungen.

Neue Preisliste von Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, in Berlin-Nonnendamm 32. 163
E. Liebenthal, Praktische Photometrie 56
F. R. Helmert, Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate . . . 59
F. L. Kohlrausch, Einführung in die Differential- und Integralrechnung nebst Differentialgleichungen 83
Neue Preisliste von A. Ott, Kempten 85
Neues Preisverzeichnis von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn in München 87
O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. 3. Bd. 125
Neue Preisliste von Leeds & Northrup Co., Philadelphia, Pa. 126
W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 3. Bd. 162
E. Banr, Kurzer Abriß der Spektroskopie und Kolorimetrie 198
F. Kohlrausch, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik 199
Neue Preisliste von A. Pessler & Sohn in Freiberg i. Sa. 199
Handbuch für Küstenvermessungen 224
J. D. van der Waals, Lehrbuch der Thermodynamik in ihrer Anwendung auf das Gleichgewicht von Systemen mit gasförmig-flüssigen Phasen. 1. Tl. 225
Neues Preisverzeichnis von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam 225
M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente 256
Th. Tapla, Grundzüge der niederen Geodäsie. II. Tl. 258
E. Hammer, Der logarithmische Rechenschieber und sein Gebrauch 258
Neues Preisverzeichnis von R. Fuess in Berlin-Steglitz 259
Joh. A. Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830 285
Neue Preislisten und Druckschriften von M. Hildebrand in Freiberg 287

Seite

Neue Preisliste der Wetzlarer Optischen Werke M. Hensoldt & Söhne G. m. b. H. in Wetzlar 315

J. Kozák, Grundprobleme der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate 315

Ch. L. Crandall, *Text-Book on Geodesy and Least Squares* 350

G. Kowalewski, Einführung in die Infinitesimalrechnung, mit einer historischen Übersicht . . 351

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1907 351

Neues Preisverzeichnis von F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel 351

Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik 380

Neue Preisliste von A. Krüß in Hamburg 382

Neu erschienene Bücher 32. 60. 88. 127. 164. 200. 227. 260. 288. 316. 352. 383

Notiz 88. 164. 384

Namen- und Sach-Register 385

Digitized by Google

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Januar 1908.** Erstes Heft.

Thermokraftfreier Kompensationsapparat mit fünf Dekaden und konstantem kleinen Widerstand.

Von

H. Diesselhorst in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Von H. Hansrath[1]), W. P. White[2]) sowie dem Verf.[3]) sind in einer Reihe von Abhandlungen verschiedene Modelle von Kompensationsapparaten zur Messung kleiner elektromotorischer Kräfte vorgeschlagen. Bei Benutzung der Resultate aller dieser Arbeiten erwies sich nochmals eine Abänderung des Modells zweckmäßig. Nach dieser letzten Konstruktion ist inzwischen von der Firma O. Wolff (Berlin W., Karlsbad 15) der erste auf den neuen Prinzipien beruhende Kompensationsapparat für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt hergestellt. Da der Apparat in allen Punkten den Erwartungen entsprach und sich bei der praktischen Benutzung sehr brauchbar erwies, soll er im folgenden eingehend beschrieben werden. Die Darstellung der Anordnung knüpft am besten an die früheren Modelle an.

1. Ältere Apparate.

Allen Modellen gemeinsam ist die von Hausrath zuerst angewandte Methode der Verzweigung des Hauptstromes und Abnahme der Kompensationsspannung von zwei Punkten der beiden verschiedenen Zweige. Es lassen sich dann ohne weiteres drei verschiebbare Kurbeln und entsprechend drei Dekaden anbringen, während die primitive Form des alten Kompensationsapparates nur zwei Dekaden, entsprechend den beiden Abzweigkurbeln, enthält. Dafür ist es freilich bei der neuen Anordnung schwieriger als bei der alten, weitere Dekaden hinzuzufügen, zumal noch die Freiheit von Thermokräften gefordert wird, und da bei der Kleinheit der Widerstände die Kurbelkontakte leicht schädlichen Einfluß erhalten. An Stelle der im Feußnerschen und Rapsschen Apparat benutzten Dekadenkonstruktionen sind daher andere getreten, von denen eine Zusammenstellung in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 298, 1906* gegeben ist. Später ist noch von White die „Nebenschlußdekade“ hinzugefügt.

Das Modell, welches White mit Hülfe dieses neuen Grundelementes zunächst erreichte, ist in den letzten drei Dekaden frei von Thermokräften und besitzt bei jeder Kurbelstellung konstanten Widerstand im Galvanometerkreis.

Es ist ersichtlich, daß bei der Anzahl der zur Verfügung stehenden Grundelemente, bei dem willkürlichen Verhältnis der Stromverzweigung u. s. f. eine Fülle

[1]) H. Hausrath, *Ann. d. Physik* **17.** *S. 375. 1905; diese Zeitschr.* **27.** *S. 309. 1907.*

[2]) W. P. White, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 240. 1907; Phys. Rev.* **25.** *S. 334. 1907.*

[3]) H. Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 297. 1906.*

möglicher Anordnungen existiert, aus denen nur sehr mühsam die günstigsten herausgefunden werden können. In der Tat gelingt es, durch einige Änderungen die Whitesche Anordnung durch eine etwas einfachere zu ersetzen, die zugleich den Vorteil bietet, daß beim Drehen der Kurbeln in allen fünf Dekaden keine Thermokräfte entstehen, während der Widerstand gleichfalls konstant bleibt. Dazu tritt der weitere Vorzug, daß der Einfluß von Fehlern der Widerstandsabgleichung geringer, leichter bestimmbar und übersichtlicher wird, sodaß der Apparat für Präzisionsmessungen leicht und genau geeicht werden kann.

Während der Apparat im Bau war, ist auch von Hausrath eine Verbesserung des Whiteschen Modelles vorgeschlagen[1]), durch die ebenfalls Freiheit von Thermokräften in allen Dekaden, hingegen nicht der weitere Vorteil in bezug auf Fehler-Einfluß erreicht wird.

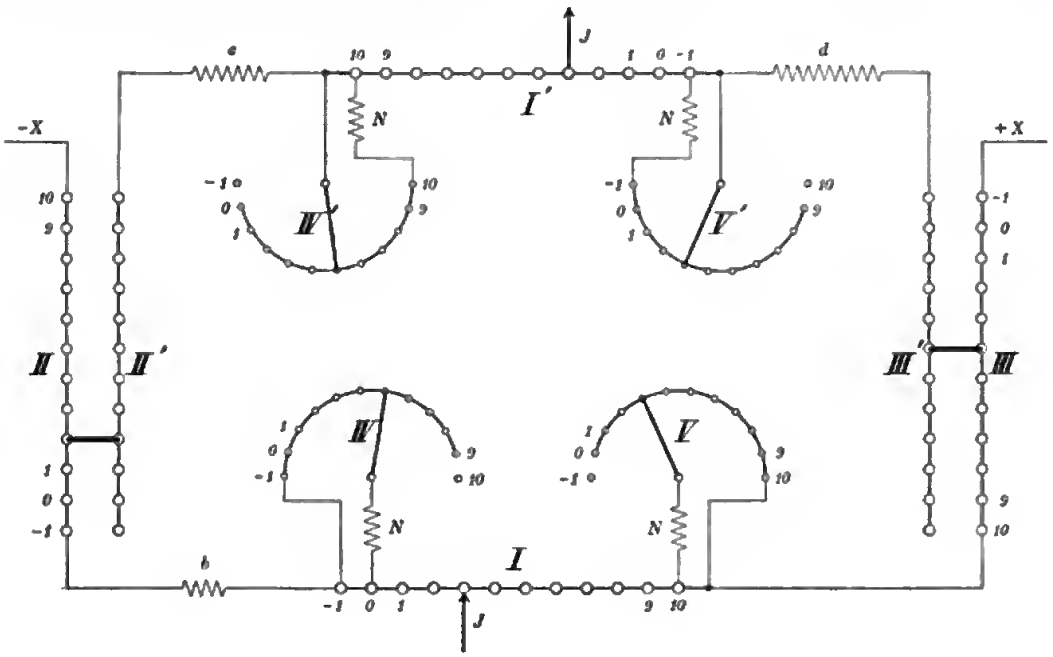


Fig. 1.

2. Anordnung des ausgeführten Modelles.

Fig. 1 gibt das Schema. Sämtliche Dekaden sind Doppeldekaden, d. h. bestehen aus Hauptwiderständen und Ersatzwiderständen, die zwangläufig durch eine Kurbel zugleich gesehaltet werden. Die Hauptdekaden sind mit I bis V, die Ersatzdekaden mit I' bis V' bezeichnet. Der in die erste Hauptdekade eintretende Strom J verzweigt sich in zwei Teile, die im Verhältnis 10:1 stehen, also $\frac{10}{11}J$ und $\frac{1}{11}J$ betragen. Der stärkere Teil durchfließt die vierte und zweite, der schwächere die fünfte und dritte Dekade. Beim Austritt aus der ersten Ersatzdekade (I') vereinigen sich beide Teile. Da in der dritten Dekade nur der zehnte Teil des Stromes fließt wie in der zweiten, so sind die Widerstandseinheiten in beiden Dekaden und damit die Dekaden selbst ganz gleich. Ebenso ist die fünfte Dekade ganz identisch mit der vierten. Für die beiden letzteren ist die Whitesche Nebenschluß-Konstruktion benutzt.

[1]) H. Hausrath, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 312. 1907.*

Sämtliche Dekaden gehen von 0 bis 10 und haben außerdem einen mit — 1 bezeichneten Kontaktklotz, durch den sich jederzeit kontrollieren läßt, ob die einzelnen Dekaden in richtigem Verhältnis stehen. Stellt man nämlich eine Dekade auf — 1 und die folgende auf 10, so müssen sich die beiden Einstellungen aufheben. Auch abgesehen hiervon lassen sich die „— 1-Stellungen“ oft mit Vorteil bei Messungen benutzen.

Die drei ersten Dekaden haben dementsprechend je 11 Haupt- und 11 Ersatzwiderstände, die innerhalb jeder Dekade gleich sind, und zwar in der ersten gleich 1 Ohm, in der zweiten und dritten gleich 0,11 Ohm. Der Widerstand zwischen — 1 und 0 in der ersten Hauptdekade bildet zugleich den Grundwiderstand der vierten Hauptdekade, an den die Whitesche Nebenschlußanordnung gelegt ist. Die Grundwiderstände der Dekaden *IV'*, *V* und *V'*, die ebenfalls 1 Ohm betragen, schließen unmittelbar an die Widerstandsreihen *I* und *I'* an und können mit diesen zusammen abgeglichen werden. Die Dekaden *IV*, *IV'*, *V* und *V'* sind sämtlich identisch. Nur die Bezifferung der Kontaktklötze läuft bei *IV'* in umgekehrter Reihenfolge wie bei *IV*. Bei *V* ist sie ebenso wie bei *IV'* und bei *V'* so wie bei *IV*.

Es seien mit $x_1, x_2 \ldots x_5$ die Einstellungen der Dekaden *I* bis *V* bezeichnet, sodaß z. B. $x_1 = 3$ bedeutet, daß die Kurbel der ersten Dekade auf dem mit *3* bezeichneten Kontaktklotz steht. Der Nebenschluß zu dem 1 Ohm-Grundwiderstand in *IV* ist dann so bemessen, daß der aus Grundwiderstand und Nebenschluß $N(x_4)$ gebildete Gesamtwiderstand bei der Einstellung x_4 den Wert hat

$$A(x_4) = \frac{N(x_4)}{1 + N(x_4)} = 0{,}989 + 0{,}0011\, x_4 \text{ Ohm}.$$

In der Ersatzdekade *IV'* ist wegen der umgekehrten Reihenfolge der Bezifferung bei der gleichen Einstellung

$$A'(x_4) = 0{,}9989 - 0{,}0011\, x_4 \text{ Ohm}.$$

Ebenso ist der Gesamtwiderstand in *V* und *V'*

$$B(x_5) = 0{,}9989 - 0{,}0011\, x_5$$

bezw.

$$B'(x_5) = 0{,}989 + 0{,}0011\, x_5 \text{ Ohm}.$$

Es sind dann die Summen $A(x_4) + A'(x_4)$ und $B(x_5) + B'(x_5)$ konstant, sodaß beim Verstellen der vierten und fünften Dekade der Widerstand der beiden Stromzweige ebensowenig geändert wird wie beim Verstellen der übrigen Dekaden. Durch die Widerstände *c* und *d* wird das Verhältnis der beiden Stromzweige genau auf den Wert 10 : 1 gebracht. Den Wert von *b* setzen wir auf folgende Weise fest.

Zwischen den Punkten $+X$ und $-X$ liegt die Spannung

$$e = \frac{10}{11} J[x_1 + A(x_4) + b + (x_2 + 1) \cdot 0{,}11] - \frac{1}{11} J[(10 - x_1) + B(x_5) + (10 - x_3) \cdot 0{,}11].$$

Werden für $A(x_4)$ und $B(x_5)$ die Werte eingesetzt und

$$b = 0{,}11089 \text{ Ohm}$$

gemacht, so ergibt sich

$$e = J\left[x_1 + \frac{x_2}{10} + \frac{x_3}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10000}\right].$$

Die genaue Abgleichung des Widerstandes *b* erfolgt, wie später näher ausgeführt wird, im fertigen Apparat, indem *b* so justiert wird, daß in der Nullstellung $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = 0$ zwischen den Punkten $+X$ und $-X$ keine Spannung liegt. Ebenso erfolgt die genaue Herstellung des Verzweigungsverhältnisses 10 : 1 durch Justieren der Widerstände *c* und *d* im fertigen Apparat.

Bezeichnet man mit R_{II} den Widerstand des die Dekade *II* enthaltenden Stromzweiges, so ergibt sich

$$R_{II} = c + 13{,}31 \text{ Ohm}$$

und analog

$$R_{III} = d + 14{,}2 \text{ Ohm}.$$

Aus $R_{III} = 10\, R_{II}$ folgt die Bedingung

$$d = 10\, c + 118{,}9 \text{ Ohm}.$$

Im übrigen ist die Größe von c und d willkürlich. In dem vorliegenden Apparat ist $c = 85{,}69$ und entsprechend $d = 975{,}8$ Ohm gemacht. Dann werden die Zweigwiderstände

$$R_{II} = 99 \text{ Ohm} \qquad R_{III} = 990 \text{ Ohm}$$

und der Gesamtwiderstand im Hauptstromkreis

$$R = \frac{R_{II}\, R_{III}}{R_{II} + R_{III}} = 90 \text{ Ohm}.$$

3. Berechnung des Widerstandes W im Kompensationskreis.

Im Kompensationskreis liegt zwischen den Kurbeln der zweiten und dritten Dekade ein Verzweigungswiderstand, an dessen Enden sich die freien Widerstände von *II* und *III* anschließen. Wir nehmen vorläufig den Batteriekreis als offen an und bezeichnen die Widerstände der beiden Zweige zwischen den Kurbeln der zweiten und dritten Dekade mit w und w'. Dann ist der Gesamtwiderstand im Kompensationskreis

$$W = (10 - x_2) \cdot 0{,}11 + \frac{w\, w'}{w + w'} + (x_3 + 1) \cdot 0{,}11.$$

Setzt man für w und w' die Werte ein, so ergibt sich in hinreichender Näherung

$$W = 14{,}35 - 0{,}0027\,(x_2 - x_3) + 0{,}0011\,(x_4 - x_5) \text{ Ohm}.$$

Bei der Herleitung dieses Ausdruckes ist der Hauptstromkreis als offen angenommen. Er sei jetzt durch den äußeren Widerstand B geschlossen, sodaß sein Gesamtwiderstand $B + R$ beträgt. Fig. 2 stelle eine Brückenanordnung mit den Widerständen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ dar. Zwischen den Punkten *1* und *3* liegt der Verzweigungswiderstand $z = \frac{(\alpha+\beta)(\gamma+\delta)}{\alpha+\beta+\gamma+\delta}$. Verbindet man die Punkte *2*, *4* durch einen Brückenzweig vom Widerstand B, so ändert sich der zwischen *1* und *3* liegende Verzweigungswiderstand z um den Betrag

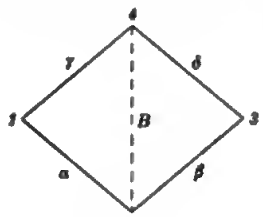


Fig. 2.

$$\Delta z = -\frac{1}{B + \frac{(\alpha+\gamma)(\beta+\delta)}{\alpha+\beta+\gamma+\delta}} \left(\frac{\alpha\delta - \beta\gamma}{\alpha+\beta+\gamma+\delta}\right)^2.$$

In unserem Falle ist

$$\alpha + \gamma = R_{II} \qquad \beta + \delta = R_{III}.$$

Man erhält nach kurzer Rechnung

$$\Delta z = -\frac{1}{B+R}\left(x_1 + \frac{x_2}{10} + \frac{x_3}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10000}\right)^2$$

und durch Hinzufügen dieses Ausdruckes zu dem früher für W gefundenen Wert ergibt sich als Kompensationswiderstand

$$W = 14{,}35 - 0{,}0027\,(x_2 - x_3) + 0{,}0011\,(x_4 - x_5) + \Delta z.$$

Digitized by Google

Die beiden mittleren Glieder dieses Ausdruckes betragen im ungünstigsten Falle 0,04 Ohm. Δz wird um so kleiner, je größer B gemacht wird. Da schon $R = 90$ Ohm, so ist der von x_2 abhängende Teil von Δz stets kleiner als $^1/_{90}$ Ohm. In Betracht kommt nur das Glied mit x_1, sodaß wir als Kompensationswiderstand schreiben können

$$W = 14{,}35 - \frac{x_1^2}{B+R} \text{ Ohm.}$$

Wird der Apparat mit 0,001 Ampere und einem Akkumulator betrieben, so ist $B + R = 2000$ Ohm. Die mögliche Widerstandsänderung ist ungünstigsten Falles $^1/_{20}$ Ohm und dürfte ebenfalls außer Betracht bleiben. Bei Betrieb mit 0,01 Ampere und einem Akkumulator kann jedoch die Änderung bis zu $^1/_2$ Ohm, also bei einem Gesamtwiderstand von z. B. 50 Ohm im Galvanometerkreis bis zu 1 % anwachsen. Wenn dieser Betrag störend sein sollte, kann man ihn durch Anwendung einer höheren Betriebsspannung und Vergrößerung von B beliebig herabsetzen.

4. Fehler-Einfluß.

a) Verhältnis der Stromverzweigung. Die beiden Zweigströme J_{II} und J_{III} sollen im Verhältnis 10 : 1 stehen und entsprechend die Widerstände der Zweige im Verhältnis 1 : 10. Dies Verhältnis sei um den Betrag ε fehlerhaft, es sei also

$$\frac{R_{II}}{R_{III}} = \frac{J_{III}}{J_{II}} = \frac{1}{10}(1+\varepsilon).$$

Dann wird, wenn wieder $J_{II} + J_{III} = J$,

$$J_{II} = \frac{10}{11+\varepsilon} J = \frac{10}{11} J - \frac{10}{121} \varepsilon J,$$

$$J_{III} = \frac{1+\varepsilon}{11+\varepsilon} J = \frac{1}{11} J + \frac{10}{121} \varepsilon J.$$

Setzt man dies in die Gleichung für die Kompensationsspannung

$$e = J_{II}[x_1 + A(x_4) + b + (x_2 + 1)\,0{,}11] - J_{III}[10 - x_1 + B(x_3) + (10 - x_2)\,0{,}11],$$

so erhält man

$$e = J\left[x_1 + \frac{x_2}{10} + \frac{x_3}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10000} - \varepsilon\left(1{,}1 + \frac{x_2 - x_3}{110}\right)\right].$$

Der Fehler in der Kompensationsspannung ist unabhängig von der Einstellung x_1 der ersten Dekade und hängt nur sehr wenig von der Einstellung der zweiten und dritten Dekade ab. Bei den früheren Modellen, wo die Stromzuleitung in der dritten Dekade erfolgt, und das Verhältnis der Zweigströme gleich 1 angenommen wird, verursacht ein um den Betrag ε fehlerhaftes Stromverhältnis die Kompensationsspannung

$$e = J\left[x_1 + \frac{x_2}{10} + \frac{x_3}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10000} - \varepsilon\left(1 + \frac{1}{2} x_1 - \frac{1}{20} x_2\right)\right].$$

Die Abhängigkeit des Fehlers von der Einstellung ist bei dem neuen Modell etwa 50-mal kleiner als hier, und dieser Umstand stellt einen der Vorzüge des neuen Modelles dar. Er ist darin begründet, daß in der Stromzuführungsdekade die Widerstände stets mit der Gesamtstromstärke multipliziert in die Kompensationsspannung eingehen, in den übrigen Dekaden aber nur mit einer Zweigstromstärke multipliziert. Daß außer dem kleinen von der Einstellung abhängenden Fehler noch ein größerer konstanter Fehler vom Betrage 1,1 ε auftritt, ist weit weniger von Belang, da dieser durch die Abgleichung des Widerstandes b kompensiert wird, und da diese Kompensation auf die einfachste Weise jederzeit kontrolliert werden kann.

Digitized by Google

Nur dann würde der konstante Fehler 1,1 ε schädlich sein, wenn das Stromverzweigungsverhältnis und damit ε sich während der Messung änderte. Eine solche Änderung könnte eintreten durch den Austausch der Haupt- und Ersatzwiderstände sowie durch Kurbelkontaktwiderstände, worauf wir also jetzt eingehen müssen.

Von den Kurbelkontakten kommt besonders der in der zweiten Dekade in Betracht, da dieser in dem Zweig mit dem kleinsten Widerstand liegt. Bei guter Ausführung kann man den ganzen Widerstand des Kontaktes, dessen Änderungen in Betracht kommen, zu 0,0002 Ohm annehmen, während der Gesamtwiderstand des Zweiges rund 100 Ohm beträgt. Die durch den gesamten Kontaktwiderstand bewirkte Beeinflussung des Stromverzweigungsverhältnisses beträgt also $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-6}$ und das Fehlerglied in unserer Formel für die Kompensationsspannung $1{,}1\ \varepsilon = 2{,}2 \cdot 10^{-6}$ oder 0,022 Einheiten der letzten Dekade. Alle übrigen Kontaktwiderstände machen bedeutend weniger aus.

Was nun den Austausch der Haupt- und Ersatzwiderstände betrifft, so läßt sich, da diese sämtlich gleiche Sollwerte haben, unschwer errechnen, daß auch bei Verstellung der ersten Dekade die Änderungen unter 0,0001 Ohm liegen, also ε kleiner als 10^{-6} wird und der Fehler in der Kompensationsspannung 0,01 Einheiten der letzten Dekade nicht übersteigt.

b) *Die Widerstände der einzelnen Dekaden.* Wir wollen jetzt annehmen, daß jeder einzelne Widerstand einen bestimmten Fehler habe, der etwa durch Widerstandsmessung gefunden sei. Dabei haben wir es nur mit den Hauptdekaden zu tun, da der Einfluß der Ersatzdekaden im vorigen Abschnitt behandelt ist. Die Bezeichnung der Fehler gibt das folgende Schema:

Der Widerstand in Ohm zwischen den Kontaktklötzen	beträgt in der Dekade		
	I	II	III
-1 bis 0	$1+\alpha_0$	$0{,}11\,(1+\beta_0)$	$0{,}11\,(1+\gamma_0)$
0 „ 1	$1+\alpha_1$	$0{,}11\,(1+\beta_1)$	$0{,}11\,(1+\gamma_1)$
. . .	. . .	. . .	. . .
9 „ 10	$1+\alpha_{10}$	$0{,}11\,(1+\beta_{10})$	$0{,}11\,(1+\gamma_{10})$

Die vierte und fünfte Dekade können wohl stets als hinreichend genau angesehen werden. Bei der Einstellung x_1, x_2, x_3 haben wir dann anstatt der Widerstände $x_1 \cdot 1$ Ohm, $x_2 \cdot 0{,}11$ Ohm, $x_3 \cdot 0{,}11$ Ohm in Betracht zu ziehen die Widerstände

$$x_1 + \Sigma\alpha \qquad 0{,}11\,(x_2 + \Sigma\beta) \qquad 0{,}11\,(x_3 + \Sigma\gamma),$$

wo

$$\Sigma\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots \alpha_{x_1}$$

ist, u. s. w.

In den Ausdruck für die Kompensationsspannung haben wir also an Stelle von x_1, x_2, x_3 die Werte $x_1 + \Sigma\alpha$, $x_2 + \Sigma\beta$, $x_3 + \Sigma\gamma$ einzusetzen. Für $x_1 = 0$ wird auch $x_1 + \Sigma\alpha = 0$, und für $x_1 = -1$ wird $x_1 + \Sigma\alpha = -(1 + \alpha_0)$.

Durch den Widerstand b (Fig. 1) soll bewirkt werden, daß in der Nullstellung $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = 0$ zwischen den Punkten $+X$ und $-X$ keine Spannung liegt. Ist die Abgleichung von b nicht genau getroffen, so tritt ein konstanter Fehler, den wir mit $J\omega$ bezeichnen wollen, zur Kompensationsspannung hinzu, sodaß wir schließlich den Ausdruck erhalten

$$e = J\left\{x_1 + \Sigma\alpha + \frac{x_2 + \Sigma\beta}{10} + \frac{x_3 + \Sigma\gamma}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10000} + \omega + \frac{x_3 - x_2}{110}\varepsilon\right\}.$$

Der früher erwähnte konstante Fehler 1,1 ε ist in ω enthalten.

Digitized by Google

c) Thermokräfte. Nach früheren Messungen[1]) bleiben die Thermokräfte, welche beim Drehen der Kurbeln auftreten, beträchtlich unter 10^{-6} Volt. Auch bei den thermokraftfreien Apparaten sind diese Thermokräfte vorhanden, aber sie dürfen die Spannung im Kompensationskreis nicht merklich beeinflussen.

Die Thermokräfte an den Kurbeln I und I' addieren sich zu der Betriebsspannung, die wenigstens 2 Volt beträgt, sind also unschädlich. An den Kurbeln II und III treten die Thermokräfte in einem Kreis auf, der aus den in Abschn. 3. mit w und w' bezeichneten, parallel geschalteten Widerständen gebildet wird.

Auf den Kompensationskreis wirkt von der Thermokraft ein Bruchteil, der gleich ist dem Verhältnis des kleineren dieser Widerstände zu ihrer Summe, d. i. etwa 1,3%.

In den Dekaden IV' und V' beträgt der Nebenschluß zu dem 1 Ohm-Grundwiderstand mindestens 81,6 Ohm; d. h. von den an den Kurbeln auftretenden Thermokräften wirkt nur ein Bruchteil von etwa 1,2% auf den Kompensationskreis ein.

Diese Zahlen erscheinen in Anbetracht der geringen Größe, welche die Thermokräfte an den Kurbeln überhaupt nur erreichen, hinreichend klein, um den Apparat als thermokraftfrei bezeichnen zu können.

In der Tat konnten an dem ausgeführten Modell mit einem Kugelpanzer-Galvanometer von 50 Ohm Widerstand (1 Skt. $= 2 \cdot 10^{-7}$ Volt; Ablesung auf 0,1 Skt. sicher) beim Drehen der Kurbeln keine Störungen im Kompensationskreis konstatiert werden, während ein gewöhnlicher, nicht thermokraftfreier Apparat Störungen von mehreren Skalenteilen aufwies.

5. Äußere Einrichtung des Apparates.

Fig. 3 gibt eine Ansicht des ausgeführten Apparates, Fig. 4 eine schematische Schaltskizze. Die eigentliche in Fig. 1 gezeichnete Kompensationsanordnung ist in der Schaltskizze nur durch eine an den Klemmen B liegende Schleife mit zwei Abzweigpunkten angedeutet. Die Abzweigungen führen zu den Klemmen X, an welche die zu messende Spannung gelegt wird. In diesen Kompensationskreis kann durch den Umschalter U die Galvanometerleitung mit dreistufigem Vorschaltwiderstand und Unterbrecher gelegt werden. In der zweiten Stellung des Umschalters liegt der Galvanometerkreis an den Klemmen Z, die mit dem Hülfswiderstand verbunden werden, an welchem das Normal-Element kompensiert wird.

Als Hülfswiderstand kann jeder gewöhnliche Rheostat benutzt werden. Besonders bequem ist ein kleiner Apparat, dessen Prinzip bei einer früheren Gelegenheit[2]) angegeben ist, und der in etwas abgeänderter Form in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift beschrieben werden soll.

A ist der Betriebsakkumulator, R ein Vorschaltwiderstand. C_1 und C_2 sind Stromwender, die gleichzeitig umgelegt werden, am besten also an einer Achse sitzen, und von denen C_2 thermokraftfrei sein muß. Jede genaue Messung muß in beiden Lagen der Stromwender ausgeführt werden. Im Mittel der beiden Einstellungen sind dann die störenden Thermokräfte eliminiert, die irgendwo im Kompensationskreis, z. B. in der Galvanometerleitung, vorhanden sein können. Es sei hier besonders darauf hingewiesen, daß die Freiheit des Apparates von Thermokräften nur darin besteht, daß beim Drehen der Kurbeln, wie es bei der Neueinstellung nach dem Kommutieren erforderlich ist, keine Thermokräfte entstehen. Dadurch ist eben die Möglichkeit

[1]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 181. 1906.*
[2]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 179. 1906.*

gegeben, die übrigen fast stets vorhandenen Thermokräfte durch das oben beschriebene Meßverfahren[1]) zu eliminieren. Voraussetzung ist dabei, daß diese Thermokräfte sich nicht durch äußere Einflüsse, z. B. durch Bestrahlung von der Hand, von einer Lampe, dem Fenster o. dgl., während der Messung ändern.

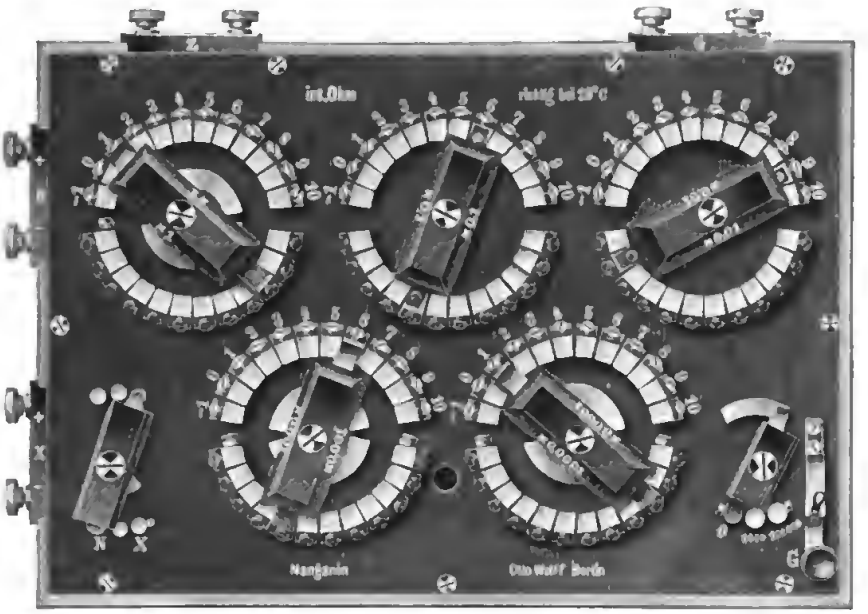


Fig. 3.

Am Apparat sind Hauptsitze solcher Thermokräfte: die Anschlußklemmen X und G, der Umschalter U, der Schalter für den Galvanometer-Vorschaltwiderstand und der Unterbrecher. An diesen Stellen ist bei Herstellung der Apparate nach Möglichkeit Messing zu vermeiden und nur gutes, thermokraftfreies Kupfer zu verwenden. Klemmen und Schalter sind verdeckt zu halten. Eventuell kann bei Erstrebung der höchsten Präzision eine Wattepackung nachhelfen. Auch der Unterbrecher muß dann unter Umständen unbenutzt bleiben und durch einen anderen thermokraftfreien, etwa unter Petroleum gehaltenen ersetzt werden.

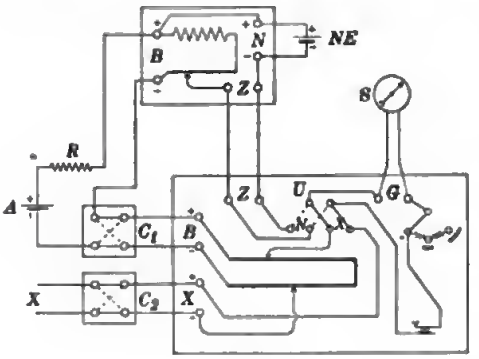


Fig. 4.

6. Zusammenstellung der Zahlenangaben.

Zur bequemen Übersicht sollen die Werte der einzelnen Widerstände des Apparates im Anschluß an Fig. 1 hier vollständig zusammengestellt werden. *I* bis *I'* sind die Hauptdekaden, *I'* bis *I''* die Ersatzdekaden, x_1 bis x_5 die Einstellungen der Kurbeln.

I und *I'* bestehen aus je 11 Widerständen von 1 Ohm,

II, *II'*, *III*, *III'* aus je 11 Widerständen von 0,11 Ohm.

[1]) Dies Meßverfahren nebst Fig. 4 bezieht sich auf absolute Messungen. Über die Schaltung und Ausführung der Messung bei Widerstandsvergleichungen siehe *diese Zeitschr.* **26.** *S. 182. 1906. Nr. 14.*

Digitized by Google

IV', *IV''*, *V'* und *V''* haben je einen Grundwiderstand von 1 Ohm[1]) und dazu im Nebenschluß je einen festen Widerstand $N = 81{,}64$ Ohm und zwischen den Kontaktklötzen — 1 bis 10 die folgenden Widerstände:

$n_0 =$	8,264 Ohm	$n_6 =$	45,41 Ohm
$n_1 =$	10,101 „	$n_7 =$	75,80 „
$n_2 =$	12,626 „	$n_8 =$	151,51 „
$n_3 =$	16,234 „	$n_9 =$	454,54 „
$n_4 =$	21,645 „	$n_{10} =$	∞
$n_5 =$	30,30 „		

Die Reihenfolge beginnt bei *IV'* und *V''* mit n_0 zwischen den Kontaktklötzen — 1 und 0, bei *IV''* und *V'* mit n_0 zwischen 10 und 9.

Ferner ist

$$b = 0{,}111 \text{ Ohm}, \quad c = 85{,}69 \text{ Ohm}, \quad d = 975{,}8 \text{ Ohm}.$$

Der Widerstand des Apparates im Hauptstromkreis (zwischen den Klemmen *B*) ist $R = 90$ Ohm.

Der Widerstand des Apparates im Kompensationskreis beträgt

$$W = 14{,}35 - \frac{x_1^3}{B + R},$$

wo $B + R$ den Gesamtwiderstand im Hauptstromkreis bedeutet.

7. Regeln für die Herstellung des Apparates.

Die Widerstände der drei ersten Dekaden sind jeder für sich genau nach ihrem absoluten Betrage 1 Ohm bezw. 0,11 Ohm herzustellen. Alle diese Widerstände bilden eine in sich fortlaufende Reihe. Daher sind nicht die Enden jedes Widerstandes für sich durch Kupferstifte zu den Kontaktklötzen geführt, wie es bei den Rheostaten erforderlich ist, sondern die zusammenstoßenden Enden zweier benachbarter Widerstände liegen an demselben, zu dem Kontaktklotz führenden Stift (Fig. 5). Diese Stifte dürfen also nicht zu den Widerständen hinzugerechnet werden. Die Kontaktklötze tragen zum Zweck der Widerstandsmessung sämtlich Anschlußschrauben.

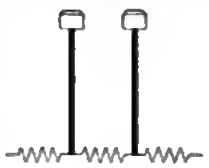


Fig. 5.

In der Dekade *I* ist eine möglichst große Genauigkeit zu erstreben, die auch in *I'* und *II* nicht unter $^1/_{10000}$ sinken soll. Bei *II'* und *III* genügt $^1/_{10000}$ vollauf, bei den übrigen $^1/_{1000}$.

Die Widerstände *b*, *c* und *d* werden zunächst mit angenähertem Betrage hergestellt. Ihre genaue Abgleichung erfolgt im Apparat selbst auf folgende Weise.

Es wird ein Akkumulator mit Vorschaltwiderstand und Stromwender an die Klemmen *B* gelegt, die Klemmen *X* werden kurz geschlossen und der Umschalter *U* auf *X* gestellt. Sodann geschieht die Abgleichung der Widerstände nacheinander in zwei Schaltungen.

Schaltung 1. Kurbelstellung: $x_1 = 0$, $x_4 = 10$, x_2, x_3, x_5 beliebig. Das Galvanometer wird an die Kontaktklötze — 1 und 10 von *I* gelegt, während die Klemmen *G* offen bleiben. In dieser Schaltung wird einer der beiden Widerstände *c* und *d*, einerlei welcher, so lange verändert, bis das Galvanometer beim Kommutieren des Hauptstromes seine Einstellung nicht ändert.

[1]) Der Grundwiderstand von *IV'* gehört zugleich *I* an.

Schaltung 2. Kurbelstellnng: $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = 0$. Das Galvanometer wird an die Klemmen G gelegt. Jetzt wird b geändert, bis das Galvanometer beim Kommutieren des Hauptstromes wieder seine Einstellung nicht ändert.

Belde Operationen müssen abwechselnd so lange wiederholt werden, bis in beiden Schaltnngen die richtige Einstellung erreicht ist. Ein geringer übrigbleibender Fehler in Schaltnng 1 ist weniger schädlich als in Schaltung 2. Die letztere Abgleichnng ist also jedenfalls am Schlnß nnd mit großer Sorgfalt ausznführen.

Anf elnige Vorsichtsmaßregeln wegen der Thermokräfte ist schon am Schlusse von Abschn. 5. hingewiesen.

8. Eichnng des Apparates.

Anschließend an die Berechnnng des Fehiereinflnsses in Abschn. 4 und besonders an die Formel für die Kompensationsspannnng

$$e = J\left\{x_1 + \Sigma\alpha + \frac{x_2 + \Sigma\beta}{10} + \frac{x_3 + \Sigma\gamma}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10000} + \omega + \frac{x_3 - x_2}{110}\varepsilon\right\}$$

soll hier das Schema für die genane Eichnng des Apparates angegeben werden. Natürlich ist eine soiche Eichung nur für Präzisionsmessnngen erforderlich. Eine einfache, meist ansreichende Kontrolle ist in diesem Abschnitt nnter *e)* angegeben.

a) Widerstandsmessung in den Dekaden I bis III. Die Fehler α, β, γ treten in derselben Weise auf wie bei dem Fenßnerschen Kompensationsapparate und sind durch Widerstandsmessnng zn bestimmen. Bei dieser Messnng muß darauf geachtet werden, daß man nicht die Widerstände der Hanpt- und Ersatzdekaden verwechselt. Bei den Ersatzwiderständen brancht nnr geprüft zn werden, ob sie innerhalb einer gewissen Fehlergrenze liegen (0,0001 Ohm). Die Ersatzwiderstände in *II'* und *III'* können nach einem einfacheren Verfahren kontroiliert werden, das weiter nnten in *b)* beschrieben wird.

Bei den Widerständen der ersten Hanptdekade empfiehlt es sich, den 1 Ohm-Widerstand zwischen — 1 nnd 0 und den 10 Ohm betragenden Widerstand zwischen 0 nnd 10 absolnt zu messen und jeden einzelnen der Widerstände zwischen — 1 und 10 mit dem folgenden zu vergleichen, weil dann zugleich das grnndlegende Verhältnis 1 : 10 mit größter Sicherheit erhalten wird. Bei den absoluten Messnngen muß natürlich, etwa dnrch Abheben der Knrbel *III*, die Verzweigung geöffnet sein. Ferner ist zu beachten, daß die zu den Kontaktklötzen führenden Kupferstifte nicht zu den Widerständen gehören.

Durch diese Widerstandsmessungen seien die Werte der Korrektionen α, β, γ in der Tabelle anf *S. 6* gefunden.

Es handelt sich jetzt noch darum, die in der Formel für die Kompensationsspannung auftretenden Größen ε nnd ω zn bestimmen. Beides kann auf einfache Weise mittels der beiden Schaltungen geschehen, die im Abschn. 7. zur Abgleichnng der Widerstände b, c, d angegeben sind.

b) Fehler ε des Verhältnisses der Stromverzweigung. Schaltung 1 (S. 9). Bei der Kurbelstellnng $x_1 = 0$, $x_4 = 10$ gebe das Galvanometer beim Kommntieren des Hanptstromes n Skalenteile Ausschlag. Daranf stelle man x_4 anf 9. Das Galvanometer gebe jetzt beim Kommutieren des Hauptstromes n' Skalenteile Ausschlag (wobei der Sinn des Ansschlages zu beachten ist). Man erhält dann

$$\varepsilon = \alpha_0 - \frac{1}{10}\sum_{1}^{10}\alpha + 0{,}0011\,\frac{n}{n' - n}.$$

In dieser Schaltung läßt sich auf die einfachste Weise kontrollieren, ob die Ersatzwiderstände *II'* und *III'* hinreichend genau sind. Dies ist nämlich dann der Fall, wenn bei der Einstellung $x_1 = 0$, $x_4 = 10$ ein Drehen der Kurbeln der zweiten und dritten Dekade den Galvanometerausschlag nicht ändert.

c) Fehler ω der Nullstellung. Schaltung 2 (S. 10). Bei der Kurbelstellung $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = 0$ gebe das Galvanometer einen Ausschlag von n Skalenteilen beim Kommutieren des Hauptstromes. Dann stelle man x_5 auf 1. Das Galvanometer gebe n' Skalenteile Ausschlag beim Kommutieren des Hauptstromes. Man erhält

$$\omega = 0{,}0001 \frac{n}{n' - n}.$$

d) Prüfung der Dekaden IV und V. Eine Kontrolle der Einzelstufen der beiden letzten Dekaden erfolgt am einfachsten durch Ausschlagsmessung am Galvanometer. Man wählt den Hauptstrom so, daß bei der Einstellung $x_4 = 10$ der Ausschlag hinreichend groß ist. Dann bestimmt man die Ausschläge für alle Einstellungen x_4 von -1 bis 10. So läßt sich das Verhältnis der Einzelstufen auf Galvanometerablesungen zurückführen. Wenn die Galvanometerskale selbst erst geeicht werden muß, kann dies unter entsprechender Schwächung des Hauptstromes mit der dritten Dekade des Apparates geschehen. Ganz ebenso erfolgt die Prüfung der fünften Dekade.

e) Kontrollmessungen. Wenn nicht gerade Präzisionsmessungen mit dem Apparat gemacht werden sollen oder doch nur solche Präzisionsmessungen, bei denen die Fehler der großen Widerstände herausfallen, so kann die unter *a)* beschriebene ausführliche Eichung unterbleiben. Es genügen dann die einfach auszuführenden Messungen von ε und ω [vgl. die Absätze *b)* und *c)*] in Verbindung mit den nachstehenden Kontrollmessungen, die die Vergleichung der Spannung an dem Einheitswiderstand einer Dekade mit der Gesamtspannung der nächsten Dekade bezwecken.

Wenn der Apparat richtig ist, darf bei den in dem folgenden Schema angegebenen Kurbelstellungen (*X* kurz geschlossen, Galvanometer an *G*, Umschalter *U* auf *X*) der Ausschlag des Galvanometers beim Kommutieren des Hauptstromes sich nicht ändern:

Nr.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	−1	10
3	0	0	−1	10	0
4	0	−1	10	0	0
5	−1	10	−1	10	0

Die Kontrolle Nr. 1 ist identisch mit der unter *c)* beschriebenen Fehlermessung von ω. In Nr. 5 muß die vierte Kurbel auf 10 stehen, damit die Einstellung $x_1 = -1$ gemacht werden darf.

f) Beispiel. Nach dem eben beschriebenen Eichverfahren wurde im Schwachstromlaboratorium der Reichsanstalt der von O. Wolff hergestellte, mit Nr. 3811 gezeichnete Apparat einer genauen Prüfung unterzogen. In der folgenden Tabelle sind die Werte der α, β, γ zusammengestellt.

Aus der Tabelle ergibt sich $\sum_1^{10} \alpha = 0{,}00013_9$, während durch direkte Vergleichung mit einer 10 Ohm-Büchse bei 18,6° C. der Widerstand zwischen 0 und 10 gleich 10,00015 Ohm, also $\sum_1^{10} \alpha = 0{,}00015$ gefunden wurde.

Kontakt	Dekade *I* bei 18,5° C.	Dekade *II* bei 18,1° C.	Dekade *III* bei 18,1° C.
− 1 bis 0	$\alpha_0 = +0{,}000\,00_6$	$\beta_0 = -0{,}000\,10$	$\gamma_0 = -0{,}000\,0_9$
0 „ 1	$\alpha_1 = 0_0$	$\beta_1 = 09$	$\gamma_1 = 0_4$
1 „ 2	$\alpha_2 = 0_2$	$\beta_2 = 05$	$\gamma_2 = 0_8$
2 „ 3	$\alpha_3 = 1_6$	$\beta_3 = 10$	$\gamma_3 = 0_5$
3 „ 4	$\alpha_4 = 0_8$	$\beta_4 = 10$	$\gamma_4 = 0_6$
4 „ 5	$\alpha_5 = 0_6$	$\beta_5 = 09$	$\gamma_5 = 0_7$
5 „ 6	$\alpha_6 = 3_3$	$\beta_6 = 10$	$\gamma_6 = 0_5$
6 „ 7	$\alpha_7 = 1_4$	$\beta_7 = 09$	$\gamma_7 = 0_5$
7 „ 8	$\alpha_8 = 1_4$	$\beta_8 = 10$	$\gamma_8 = 0_5$
8 „ 9	$\alpha_9 = 1_9$	$\beta_9 = 10$	$\gamma_9 = 0_5$
9 „ 10	$\alpha_{10} = 2_7$	$\beta_{10} = 08$	$\gamma_{10} = 0_4$

Die Fehler der Widerstände in den Ersatzdekaden waren von der gleichen Größenordnung, also mehr als ausreichend klein.

Als Fehler des Stromverzweigungsverhältnisses ergab sich $\varepsilon = 0{,}000010$. Der Ausdruck $\frac{x_3 - x_2}{110}\,\varepsilon$ kann also ungünstigsten Falles gleich 10^{-6} werden, der Fehler in der Kompensationsspannung also $^1/_{100}$ von einer Einheit der letzten Dekade betragen.

Als Nullpunktsfehler ergab sich bei einer Hauptstromstärke von 0,01 Ampere $\omega = -0{,}000020$. Der Fehler beträgt also − 0,2 Einheiten der letzten Dekade. Wenn diese Größe in Betracht kommt, ist sie an jeder Ablesung als konstante Korrektion anzubringen. Bei höherer Stromstärke als 0,01 Ampere, die allerdings im allgemeinen für den Apparat nicht in Frage kommt, zeigte sich der Nullpunktsfehler von der Belastung abhängig. Man fand bei 0,044 Ampere $\omega = -0{,}000\,04$. Bei Neuanfertigung von Apparaten wird sich dieser Übelstand vermeiden lassen, indem der Widerstand c in Fig. 4 für höhere Belastung eingerichtet wird. Immerhin ist anzuraten, die einfache Bestimmung von ω häufiger zu wiederholen.

9. Anwendung des Apparates.

Wegen des kleinen Widerstandes läßt der Apparat eine hohe Empfindlichkeit zu, und wegen der Freiheit von Thermokräften läßt er die Empfindlichkeit unter Beobachtung der in Abschn. 5. auseinandergesetzten Vorsichtsmaßregeln auch voll ausnutzen. Er ist daher geeignet zu allen Messungen kleiner elektromotorischer Kräfte, wie z. B. von Thermoelementen.

Der Apparat läßt sich auch anwenden, um die elektromotorische Kraft eines Thermoelementes gegen einen Bruchteil der elektromotorischen Kraft eines anderen zu kompensieren, eine Aufgabe, die z. B. bei Arbeiten mit elektrischen Schwingungen auftritt[1]).

Ist eine Stromstärke durch Abzweigen der Spannung von einem kleinen Widerstand zu messen, so kann man bei Anwendung des obigen Apparates einen 10-mal kleineren Abzweigwiderstand wählen, als bei Anwendung eines Kompensationsapparates mit hohem Widerstand. Der geringere Wattverbrauch im Abzweigwiderstand ist besonders bei hohen Stromstärken sehr angenehm, weil dann die Wasserkühlung und unter Umständen das Petroleumbad fortfallen kann.

Die Vergleichung von kleinen Widerständen läßt sich mit dem Apparat ganz frei von Übergangswiderständen und fast mit der gleichen Genauigkeit wie in der

[1]) B. Glatzel, *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 150. 1907.*

Thomson-Brücke oder mit dem Differentialgalvanometer ausführen. Da die Messung zugleich bequem und schnell vor sich geht, ist der Apparat für Arbeiten mit dem Widerstandsthermometer sehr geeignet.

Einen besonderen Vorteil in der Anwendnng bietet die Konstanz des Kompensationswiderstandes. H. B. Brooks[1]) und W. P. White[2]) haben darauf hingewiesen, daß sich bei solcher Konstanz die Kompensationsmethode mit der Ausschlagsmethode verbinden läßt. Durch geeignete Wahl eines Galvanometervorschaltwiderstandes oder des Skalenabstandes und eventuell auch der Hauptstromstärke kann man erreichen, daß in einer gegebenen Meßanordnnng eine Verstellung des Apparates um eine Einheit der vorletzten Dekade genau 1 oder 10 oder 100 Skalenteile Ausschlag bewirkt. Diese Galvanometerempfindlichkeit ist dann unabhängig von der Einstellung des Apparates, sodaß man nach Belieben durch Benutzung der letzten Dekade möglichst vollständige Kompensation herbeiführen oder auch die letzte und eventuell auch vorletzte Dekade stets auf Null stehen lassen und den Rest der Kompensationsspannung als Ausschlag ablesen kann, was unter Umständen eine wichtige Zeitersparnis zuläßt.

Als Galvanometer ist zu dem Apparate passend ein Kugelpanzer-Galvanometer oder ein Drehspul-Instrument mit geringem Widerstand[3]).

Zusammenfassnng.

Nach Hausraths Vorgang sind von W. P. White und dem Verf. verschiedene Konstrnktionen von thermokraftfreien Kompensationsapparaten mit kleinem Widerstand angegeben. Eine Neukonstruktion unter Benntzung der Resultate aller dieser Arbeiten ist von dem Mechaniker O. Wolff in Berlin als erster derartiger Apparat für die Reichsanstalt angefertigt worden. Es wird eine eingehende Beschreibung des Prinzips und der Ausführung gegeben. Der Einfluß von Fehlern und im Anschluß daran das Verfahren bei der Eichung und die Regeln für die Anwendnng werden auseinandergesetzt und das Anwendungsgebiet besprochen.

Neuerungen am Feinnivellier-Apparat.

Von

E. Hammer.

1. Die kürzlich hier besprochene Veröffentlichung von Hrn. Dr. Hilfiker in Zürich über sein neues Nivellement auf den großen St. Bernhard (*diese Zeitschr. 27. S. 377. 1907*) gibt mir Veranlassung zu der folgenden Notiz, deren erster Teil (2. des Folgenden) sich ebenfalls auf Feinnivellements auf *Gebirgsstraßen* und überhaupt *chaussierten Straßen* bezieht, während der zweite Teil (3.) einen Vorschlag zu einer veränderten Einrichtung des Feinnivelliers enthält. Ich schicke voraus, daß beide Einrichtungen von mir in Gemeinschaft mit Hrn. Dipl.-Ing. P. Werkmeister getroffen worden sind, der im Jahr 1902 unter meiner Leitung das erste Feinnivellement der Strecke Böblingen—Lustnau (Straße durch den „Schönbuch“ in Württemberg) aus-

[1]) H. B. Brooks, *Bull. of the Bureau of Standards* **2**. *S. 225. 1906.*

[2]) W. P. White, *Phys. Rev.* **25**. *S. 334. 1907; diese Zeitschr.* **27**. *S. 210. 1907.*

[3]) Über die Schaltung des Apparates für absolute und relative Messungen vgl. Abschn. 5. und *diese Zeitschr.* **26**. *S. 182. 1906. Nr. 13 u. 14.*

geführt[1]) und auch die erste der voraussichtlich alle 5 Jahre zu messenden Wiederholungen im September 1907 übernommen hat. Die Nivellementslinie folgt durchaus Straßen, mit z. T. starken Neigungen auf längeren Strecken. Der Nivellierapparat war bei der ersten Messung ganz der Seibt-Breithauptsche; die Strecken zwischen den einzelnen Festpunkten wurden sämtlich hin und her nivelliert (Nivellement A und B). Die täglich vorgenommene Lattenkontrolle ist als völlig ausreichend zu bezeichnen. Dieser Messungsvorgang ist selbstverständlich auch bei der in diesem Sommer gemessenen Einwägung beibehalten. Nach gewöhnlicher Art aus den Differenzen der zwei Messungen A und B berechnet, ergab sich für die Nivellierung aus 1902 der mittlere Einkilometerfehler einfachen Nivellements

(A oder B) gleich $\pm 1{,}06$ *mm*,

der mittlere Einkilometerfehler des Doppelnivellements

(A und B) gleich $\pm 0{,}75$ *mm*.

Die schärfere Diskussion der Messungsergebnisse (*a. a. O. S. 172—187*) zeigte jedoch, daß ziemlich beträchtliche regelmäßige Fehler vorhanden sind, die zwar zum großen Teil in $\frac{A+B}{2}$ eliminiert sind, die aber doch verringert werden sollten. Sie haben besonders in merklichem Einsinken oder Gleiten der Bodenplatten für die Latten und in merklichem Einsinken der Stativbeine des Instrumentes ihren Grund. In die am Schluß der genannten Abhandlung gemachten Vorschläge habe ich deshalb auch folgende zwei aufgenommen:

„5. Auch die übrigen systematischen Fehlerquellen machen wünschenswert, statt der Wechselpunkte auf gut festgetretenen Bodenplatten, wie sie hier" (auf einer zum großen Teil als Gebirgsstraße zu bezeichnenden Straße) „angewendet worden sind, für die sich aber Bewegungen sicher nachweisen lassen, in Zukunft beim Nivellieren auf macadamisierter Straße vorbereitete Wechselpunkte auf tief geschlagenen starken Pflöcken zu verwenden."

„6. Ebenso machen es die in einzelnen Fällen sicher nachweisbaren Veränderungen der Höhe der Zielline des Fernrohrs während längerer Dauer der Aufstellung des Instruments erwünscht, das Instrument statt auf ein Dreibeinstativ auf eine sicherer fundierte Unterlage zu stellen (Stativ mit mehr als drei Beinen u. dgl.)."

2. Um Einsinken oder Gleiten der Bodenplatten auf der Gebirgsstraße zu vermeiden, gibt Hilfiker den Lattenträgern Scharreisen mit, mit denen der Staub oder nach Niederschlägen der Schmutz der Straße vor dem Niederlegen und Festtreten der Bodenplatte abzuziehen ist. In der Tat wird damit ein kleines Gleiten der Bodenplatte (1 *mm* Abwärtsbewegung auf der mit 5 v. H. geneigten Straße ändert durchschnittlich die Höhenlage der Bodenplatte um $^1/_{20}$ *mm*) viel weniger zu befürchten sein; der Erfolg wird auch durch die Diskussion der Fehler des Bernhard-Nivellements bewiesen. Bei unserem Schönbuch-Nivellement von 1907 haben wir, um uns gegen kleine Bodenplattenbewegungen zu sichern, der Bodenplatte andere Füße als seither gegeben. Statt der gewöhnlichen, unten abgerundeten drei Gußeisenfüße, die auf dem gewalzten Porphyrschotter oder Porphyrgrus sehr rasch, in wenigen Tagen bis zur „Spiegelglätte" abgenutzt waren und so nicht mehr genügenden Schutz gegen „Rutschen" der Bodenplatte auch bei gutem Festtreten boten (das kleinste unmerk-

[1]) Länge 25,8 *km*. Die erste Messung ist beschrieben in meiner Abhandlung: „Einwägung von Festpunkten an der Linie Böblingen—Lustnau, Sommer 1902." *Sonderabdruck aus „Jahreshefte des Vereins für Vaterländ. Naturkunde in Württemberg" 1906. S. 113—188.*

liche Anstoßen kann die Platte etwas verschieben), haben die Bodenplatten die aus Fig. 1 zu ersehende Einrichtung erhalten: die drei Bodenplattenfüße sind je mit zahlreichen scharfen Zacken versehen, übrigens zum Auswechseln eingerichtet. Durch Festtreten dieser Platten, nachdem der Lattenträger von der Straßenstelle Staub oder Schlamm nur mit dem Fuß etwas entfernt hat, wird, wie Versuche gezeigt haben, im höchsten Punkt des abgerundeten Plattenstollens für den unten genau eben geschliffenen Stahlschuh der Latte ein Aufsetzpunkt geboten, der an Unveränderlichkeit durch die Köpfe festgeschlagener Pfähle (s. oben das Zitat 5. in 1.) nicht übertroffen wird. Solche Pflöcke können also dem Fall vorbehalten bleiben, daß auf *sehr wenig festem* Boden zu nivellieren ist.

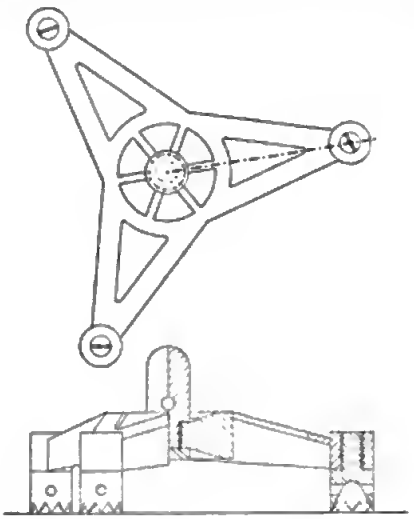


Fig. 1.

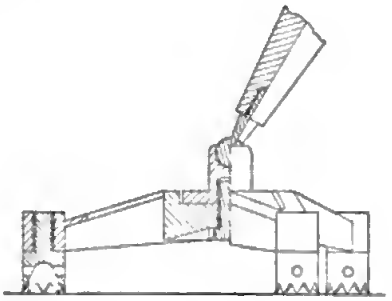


Fig. 2.

Eine ganz ähnliche Einrichtung wie für die Aufstellung der Latten ist für das Nivellier getroffen worden. Statt eines Stativs mit mehr als drei Beinen (s. Zitat 6. in 1.) ist an dem Ende jedes Stativbeins eine Unterlagsplatte ganz ähnlich der eben beschriebenen Lattenbodenplatte angehängt worden, wie Fig. 2 zeigt. Das Instrument ruht so, statt mit drei, auf neun Stellen auf der Straße; an jeder dieser neun Stellen greifen wieder zahlreiche Zacken fest in den Untergrund. Versuche durch mehrstündiges Stehenlassen des Instrumentes in einer bestimmten Aufstellung auf chausslerter Straße mit starker Neigung zeigten die fast absolute Unveränderlichkeit des Nivellierhorizonts (maximaler Unterschied in den Ablesungen an nahe befestigter *mm*-Skale nie über $\pm 0{,}2$ *mm*), wenn nur die Vorsicht beobachtet wird, im Sonnenschein die Stativbeine mit grober Sackleinwand umwickelt zu lassen. Die Bodenplatten nach Fig. 1 sind von Mechaniker Lufft in Stuttgart, Eberhardstraße, zu beziehen; auch die Einrichtung der Stativbeine nach Fig. 2 hat der Genannte ausgeführt.

3. Die zweite der oben angedeuteten Einrichtungen besteht in Anbringung einer *Doppellibelle* oder (da dieser Name, neben Reversionslibelle, schon für eine andere Einrichtung vergeben ist) besser *Zwillingslibelle* auf dem Nivellier. Bei der außerordentlichen Schärfe, mit der man eines der weißen 4 *mm*-Felder der Latte mit Hülfe der Feinbebeschraube durch den Horizontalfaden des Fernrohres bisezieren kann, schien mir für die Messung der Neigung der Zielinie eine Verschärfung erwünscht, der jetzigen Einrichtung mit *einer* 4″- oder 5″-Libelle gegenüber. Rechnet man z. B. bei 40 *m* Zielweite als Einstellfehler bei Halbierung des 4 *mm*-Feldes $^1/_{20}$ der Feldbreite, so entspricht dem ein Neigungsfehler der Zielllnie von $\frac{0{,}2}{40000} \cdot 206000'' = 1''$ oder $0{,}2^p$ der 5″-Libelle, bei der gelegentlichen Launenhaftigkeit auch sonst guter Libellen

ein sehr geringer Betrag. Ich habe durch die Verfertiger des von uns verwendeten Nivelliers (der geodätischen Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart gehörig), F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel, *zwei* gleichwertige Libellen (5″) *neben einander*, aber auf gemeinsamer Unterlagsplatte auf das Nivellier legen lassen. Sie sind mit A und B bezeichnet, und es werden bei jeder Zielung beide Blasenenden jeder der zwei Libellen abgelesen. Darin liegt eine kleine Mehrarbeit auf dem Feld, und auch bei der Reduktion der Messungen sind einige Zahlen mehr zu schreiben; aber der Unterschied ist so gering und der Gewinn an Zuverlässigkeit der Neigungsmessung der Ziellinie so beträchtlich, daß wir im ganzen mit der neuen Einrichtung bei dem Nivellement im letzten Sommer sehr zufrieden gewesen sind. Die Gefahr der Verwechslung beider Libellen bei einzelnen Ablesungen der Blasenenden ist ohne Bedeutung, wenn man nur die Vorsicht anwendet, der einen Libellenblase eine bei bestimmter Temperatur um 1 oder 2 Striche größere Länge zu geben als der andern.

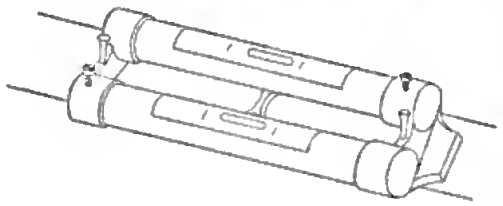


Fig. 3.

Die Einrichtung zeigt in schematischer Zeichnung Fig. 3, während Fig. 4 eine Ansicht des mit der Zwillingslibelle ausgerüsteten Nivelliers gibt. Für beide Libellen bei diesem Instrument hatte der Verfertiger der Libellen, C. Reichel in Berlin, als

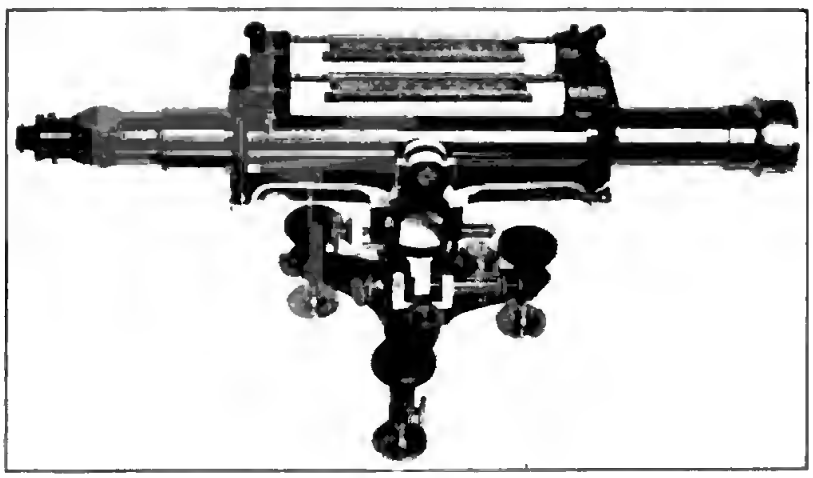


Fig. 4.

Empfindlichkeit rund 5,2″ angegeben (bestimmt an den *nicht gefaßten* Libellengläsern), und F. W. Breithaupt hat die Reichelschen Zahlen *nach* der Fassung bestätigt; die Libellen haben aber beide nur einige Monate nach der Montierung der Zwillingslibelle (während die Libellen selbst viel früher hergestellt worden sind) beim Gebrauch eine entschieden geringere Empfindlichkeit gezeigt, indem der Wert von 1 *pars* bei beiden auf 5,4″ bis 5,5″ gestiegen war. Merkliche Abhängigkeit von der Temperatur der Libellen oder vom Luftdruck besteht nicht; da die Zahlen 5,4″ bis 5,5″ mehrfach und auf verschiedene Art (mit dem Niveauprüfer und durch Fernrohrablesungen an *mm*-Teilungen in verschiedener Weise) in Stuttgart vor und nach der Messung und fortlaufend während der Messung bestimmt worden sind, so ist an der Realität der Änderung der Empfindlichkeit nicht zu zweifeln für den Fall, daß die Zahlen von

Reichel und von Breithaupt richtig waren. Die Änderung ist beträchtlich, aber auch nicht ungewöhnlich. Von Hrn. Reichel selbst habe ich z. B. inzwischen eine Zusammenstellung über mehrfache Empfindlichkeitsbestimmungen von 7 seiner Libellen erhalten, die Bestimmungen vom September 1907 mit den früheren, bald nach der Fertigstellung der Libellen vor mehreren (4 bis 14) Jahren, vergleicht. Demnach hat sich eine 2″-Libelle (in 9 Jahren) von 1,9″ auf 1,8″ geändert, ist also empfindlicher geworden; eine 3″-Libelle ist unverändert geblieben; *alle übrigen fünf* Libellen aber sind weniger empfindlich geworden: bei einer mittelfeinen (10″-) Libelle ist der Teilwert von 9,8″ auf 10,0″ gewachsen, bei einer sehr feinen Libelle von 2,00″ auf 2,17″ (in 9 Jahren). Reichel versichert, daß die gefundenen Änderungen reell seien, indem zwar an seinem Libellenuntersuchungsapparat, mit dem alle diese Messungen gemacht sind, geiegentiich kleine Korrektionen vorgenommen worden seien (das Verhältnis der *Ganghöhe* der Meßschraube zur *Länge* des Niveauprüfers ist bei diesem Reichelschen Apparat regulierbar), indessen könnte dies nur „in der 2. Dezimalstelle zu erkennen“ sein (für die feinen Libellen); „der Grund der Änderungen könnte“ (— die etwaige Abhängigkeit des Teilwerts von der Temperatur spielt keine Rolle, da die Temperatur im Untersuchungsraum nahe dieselbe war —) „vielleicht in thermischen Nachwirkungen liegen, die von der Erhitzung der Enden herrühren mögen.“

Über einen Geschwindigkeitsmesser für strömende Luft (Aërodromometer).

Von

Prof. Dr. **H. Zwaardemaker** in Utrecht.

In dem von mir geleiteten Laboratorium hat in den letzten Jahren sich bereits wiederholt das Bedürfnis fühlbar gemacht, einen Luftstrom von ungefähr der Geschwindigkeit des Atemstromes messend und registrierend verfolgen zu können. Ich habe zu diesem Zwecke verschiedene Methoden ausgearbeitet, die auch gelegentlich Verwendung gefunden haben[1]). Eine von diesen ließ sich in so vielen Richtungen verwenden, daß ich ihre Anwendbarkeit über die engeren Grenzen der Physiologie hinaus für wahrscheinlich halte und sie deshalb hier gesondert beschreiben will.

Das „Aërodromometer“ besteht (vgl. Fig. 1) aus einem vertikal gestellten Glasrohr von ungefähr 25 *cm* Länge und einer Weite, die je nach Bedarf zwischen 1 und 2 *cm* wechselt. In der Mitte des Rohrs ist eine dünne Aluminiumscheibe zwischen zwei Spiralfedern aufgehängt. Die Spiralfedern sind achsial gestellt und oben und unten an achsial etwas verschiebbaren dünnen Stützen eingehakt. Rings um diese Stützen herum befindet sich ein Kreis von möglichst weiten Öffnungen, die nur schmale Metallleisten zwischen sich lassen, sodaß die Luft in die Röhre ungestört zuströmen kann. Die Aluminiumscheibe füllt den Querschnitt des Glasrohrs nicht vollständig aus, sondern läßt, je nach der Empfindlichkeit, die man dem Apparat zu geben beabsichtigt, einen mehr oder weniger breiten ringförmigen Spalt zwischen Scheibe und Rohrwand

[1]) H. Zwaardemaker, *Ned. Tydschr. v. Geneesk. 1900 B. S. 65; Engelmanns Arch. f. Physiol. 1902. Suppl. S. 417; Onderzoekingen physiol. Lab. Utrecht (5) 4. S. 447. 1903; Engelmanns Arch. f. Physiol. 1904. Suppl. S. 241.* — J. M. A. Gevers Leuven, *Onderz. physiol. Lab. Utrecht (5) 5. S. 49. 1905.* — H. F. Minkema, *ebenda (5) 6. S. 113. 1905.* — J. Th. ten Have, *ebenda (5) 7. S. 41. 1906.* — L. v. Kekem, *ebenda (5) 7. S. 92. 1906.*

offen. Bei Atmungsversuchen wird man im allgemeinen den ringförmigen Spalt ziemlich breit nehmen, z. B. 2,5 *mm*, damit der Strömungswiderstand, für welchen die Atmung ungemein empfindlich ist, klein bleibt. In andern Fällen, wo man eine Störung durch Strömungswiderstand nicht zu befürchten hat, kann man den Spalt eng nehmen, z. B. 0,5 *mm*, und dadurch die Empfindlichkeit des Apparats ungemein erhöhen. Damit im letzteren Falle die freie Beweglichkeit der Aluminiumscheibe aufwärts und abwärts vollkommen gesichert bleibt, ist es notwendig, das Glasrohr durch am Stativ befestigte Stellschrauben genau vertikal zu stellen; dies kann ohne Libelle geschehen, indem man von oben in die Röhre hineinsieht und darauf achtet, daß der ringförmige Spalt in der Ruhestellung überall die gleiche Breite hat. Zur Zuführung bezw. Abführung der Luft ist das Glasrohr oben und unten mit genau gleichartigen und gleich weiten, röhrenförmigen Ansätzen versehen. Der Apparat ist sowohl zur Messung eines Stromes von Preßluft als von Saugluft geeignet.

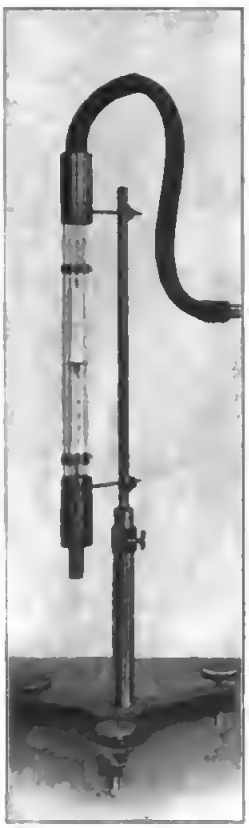


Fig. 1.

Die Eichung geschieht empirisch mittels eines kontinuierlichen Luftstromes. Man kann sich diesen auf verschiedene Weise verschaffen. Für geringere Strömungsgeschwindigkeiten reicht eine Wasserstrahlluftpumpe oder ein elektrischer Ventilator aus, für größere Strömungsgeschwindigkeiten bedarf man eines großen Gasbehälters, z. B. jenes des Waldenburgschen Apparats. Die Messung der beförderten Luftmenge geschieht im ersteren Falle durch eine gewöhnliche Gasuhr, im letzteren Falle durch Rechnung aus dem Querschnitt und dem durchlaufenen Weg des zylindrischen Gasbehälters und der Zeit in Sekunden. Über die Gleichmäßigkeit der Strömung während der Messung orientiert man sich am Aërodromometer selbst; es gibt bei kontinuierlicher Strömung einen gleichbleibenden Ausschlag. Bei Benutzung einer Gasuhr kann diese Bedingung nie vollständig erfüllt sein, da bei jedem Eintauchen einer Kammer eine ganz geringe Schwankung der Strömungsgeschwindigkeit zustande kommt. Innerhalb einer Umdrehungsperiode der Gasuhr macht, in Übereinstimmung hiermit, die Aluminiumscheibe vier ganz geringe Schwankungen ihres Ausschlags[1]).

Die Verwendbarkeit des Apparats zur Messung kontinuierlicher Ströme ist nach dem Vorstehenden ohne weiteres ersichtlich; nur will ich noch einige Bemerkungen über die für verschiedene Zwecke empfehlenswerte Weite der Glasröhre und der Spaltbreite hinzufügen.

Ein Modell mittlerer Empfindlichkeit hatte eine Spaltfläche von 0,44 *qcm* um die Aluminiumscheibe herum und eine Gesamtfläche von 0,93 *qcm* für die sechs Zuströmungsöffnungen um die Befestigungsstellen der Spiralfedern. Die Ausschläge der Scheibe entsprachen in diesem Falle (abgerundet):

[1]) In oben beschriebener Weise geeichte Apparate werden von D. B. Kagenaar sen. in Utrecht, ehemaligem Institutsmechaniker, geliefert. Ersatzspiralen werden beim physiologischen oder physikalischen Gebrauch kaum nötig sein, können aber beigegeben werden. Die Eichung mittels Gasuhr kann man dann leicht selbst vornehmen.

1 *mm*	12 *ccm* pro Sek.		10 *mm*	86 *ccm* pro Sek.	
2 „	23 „ „ „		15 „	105 „ „ „	
3 „	35 „ „ „		20 „	121 „ „ „	
4 „	46 „ „ „		25 „	143 „ „ „	
5 „	58 „ „ „		30 „	154 „ „ „	
6 „	64 „ „ „		35 „	168 „ „ „	
7 „	69 „ „ „		40 „	179 „ „ „	
8 „	75 „ „ „		45 „	189 „ „ „	
9 „	81 „ „ „		50 „	200 „ „ „	

Ein anderes, weniger empfindliches Modell mit einer Spaltfläche von 1,5 *qcm* (um eine Aluminiumscheibe von 1,4 *cm* Durchmesser herum) zeigte folgende Ausschläge:

1 *mm*	60 *ccm* pro Sek.	25 *mm*	468 *ccm* pro Sek.
5 „	189 „ „ „	30 „	516 „ „ „
10 „	288 „ „ „	35 „	561 „ „ „
15 „	360 „ „ „	40 „	597 „ „ „
20 „	417 „ „ „		

Diese beiden Beispiele mögen genügen, um dem Leser einen Begriff von der Verwendbarkeit des Apparats zu geben.

Der Apparat geht aber weit über die Leistung anderer Anemometer hinaus, wenn es sich um die Messung und Registrierung rasch wechselnder Strömungs-

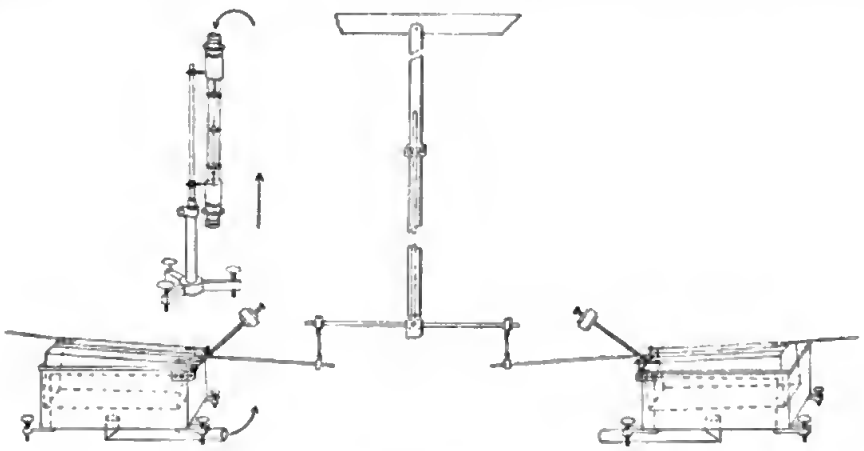


Fig. 2.

geschwindigkeit handelt. Bei geeigneter Weite des ringförmigen Spalts ist, bei ganz leichtem Bau der Aluminiumscheibe und der feinen Spiralfedern, jeder gewünschte Grad der Dämpfung erreichbar. Je nach dem gerade vorliegenden Zweck wird man, indem man in einem und demselben Glasrohr die Aluminiumscheibe einmal etwas größer, das andere Mal etwas kleiner nimmt, oder umgekehrt dieselbe Scheibe in verschieden weiten Glasröhren benutzt, die Dämpfung der Schnelligkeit des Geschwindigkeitswechsels anpassen können. Die Beurteilung des in dieser Weise erreichten Grads der Aperiodizität gelingt in folgender Weise sehr leicht. Ein 2,3 *m* langes Pendel (Fig. 2), dessen Schwingungsdauer mittels eines schweren Laufgewichts verändert werden konnte, wurde dazu benutzt, zwei genau gleichgroße, vollkommen gleichartige „Atemvolum-Schreiber", von denen nach jeder Seite des Pendels einer aufgestellt war, mittels Hebelübertragung in Bewegung zu setzen[1]). Die beiden Atem-

[1]) Über die Anordnung eines solchen Versuchs vgl. J. Th. ten Have, *Over Ademarbeid, Ademgrootte, Ademarbeid.* Inaugural-Dissertation, Utrecht 1905. *S. 6.*

volum-Schreiber wurden in vollkommen symmetrischer Weise je mit einem Aërodromometer in Verbindung gesetzt und die Ausschläge eines der letzteren chronophotographisch registriert. Wenn wir nun zu gleicher Zeit die Bewegungen eines Atemvolum-Schreibers und jene des damit verbundenen Aërodromometers registrierten, bekamen wir zwei synchrone Kurven, die insoweit unmittelbar vergleichbar sind, als die Kurve des Atemvolum-Schreibers die transportierte Luftmenge, die Aërodromometerkurve die entsprechenden Strömungsgeschwindigkeiten verzeichnet. Letztere Kurve ist offenbar die erste Derivierte der ersteren. Wenn daher der Atemvolum-Schreiber nahezu Sinus-Schwingungen ausführt, muß das Aërodromometer Kosinus-Schwingungen verzeichnen.

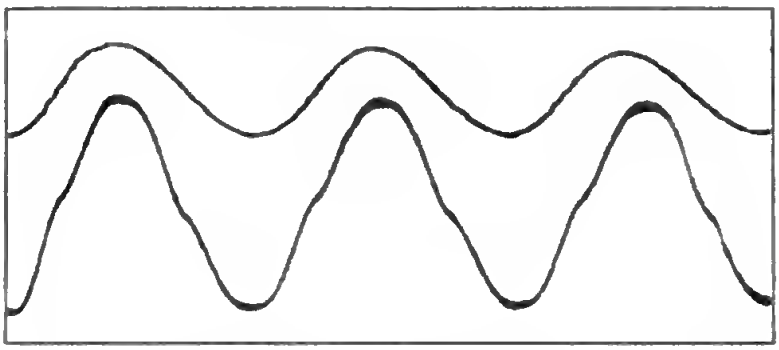


Fig. 3 (3/4 nat. Gr.). Obere Kurve: Atemvolum-Schreiber; untere Kurve: Aërodromometer. Die Dauer einer ganzen Periode ist 3 Sek.

Die vorstehenden Kurven (Fig. 3) wurden in der angedeuteten Weise vom Atemvolum-Schreiber bezw. Aërodromometer erhalten. Der besseren Übersicht wegen ist die letztere um 1/4 Periode verschoben worden, sodaß die Wellen der derivierten Bewegung unmittelbar unter jene der Pendelbewegung gerückt und der Vergleichung leichter zugänglich sind. Die Geschwindigkeit, womit sowohl das Kymographion als die empfindliche Platte sich bewegten, war 1,5 *cm* pro Sekunde, während die Amplitude der Pendelschwingung und das Aërodromometer absichtlich nicht reguliert worden sind. Wenn auch dies noch stattgefunden hätte, wären beide Kurven nahezu kongruent ausgefallen, bis auf die kleinen Ausbiegungen in den auf- und absteigenden Ästen der Aërodromometer-Kurve. Ich vermute, daß diese kleine sich immer wiederholende Unregelmäßigkeit der Viskosität der Luft zuzuschreiben ist. Über die Deutung ähnlicher Erscheinungen in der Geschwindigkeitskurve der Atmung habe ich früher in einer gemeinschaftlich mit Ouwehand ausgeführten Arbeit[1]) berichtet.

Referate.

Das Heliomikrometer.

Von G. E. Hale. *Astrophys. Journ.* **25.** *S. 293. 1907.*

Um aus den photographischen Sonnenaufnahmen die heliographischen Positionen der Flecken zu ermitteln, pflegte man bisher die scheinbaren Polarkoordinaten der betreffenden Objekte zu messen, von denen man durch eine einfache, durch Tafeln erleichterte Rechnung zu den heliographischen Werten überging. So einfach diese Rechnung auch war, so wurde

[1]) H. Zwaardemaker und C. D. Ouwehand, *Engelmanns Arch. f. Physiol. 1904. Suppl. S. 241.*

sie doch zeitraubend, wenn auf jeder Sonnenaufnahme sehr zahlreiche Punkte gemessen werden sollten. Letzteres war nun bei den von Hale mit dem Spektroheliographen erhaltenen Aufnahmen der „Fiocken" der Fall, deren oft auf einer einzigen Platte bis zu 50 meßbar waren.

Um die Auswertung dieser Aufnahmen zu beschleunigen und zu erleichtern, hat Hale daher einen Meßapparat konstruiert, der die direkte Ablesung der heliographischen Koordinaten erlaubt. Der Grundgedanke des Apparats besteht darin, das photographische Sonnenbild optisch auf eine Kugeloberfläche zu projizieren, auf der die Lage der beobachteten Punkte abgelesen wird. Ein erster Versuch wurde folgendermaßen ausgeführt. Von zwei dicht neben einander liegenden Fernrohren von 10 *cm* Öffnung und 1,5 *m* Brennweite war das eine auf das auszumessende, in 18,3 *m* Entfernung aufgestellte Sonnenbild, das andere auf eine in derselben Entfernung angebrachte Metallkugel gerichtet, auf deren Oberfläche die einzelnen Längen- und Breitenkreise von Grad zu Grad verzeichnet waren. Die Bilder beider Fernrohre wurden durch zwei an deren Okularenden angebrachte totalreflektierende Prismen und ein weiteres mitten zwischen diesen stehendes Okularprisma mit halbversilberter Grundfläche zur optischen Koinzidenz gebracht. Man sah dann das Sonnenbild scheinbar auf die Kugel projiziert und konnte die sphärischen Koordinaten direkt auf Zehntelgrad schätzen.

Eine noch größere Genauigkeit und bequemeres Arbeiten erreichte Hale in der definitiven Form des Instruments dadurch, daß er die Einteilung der Kugeloberfläche fortließ und auf der Kugel nur einen Punkt markierte, der durch Drehung der Kugel um zwei aufeinander senkrechte Achsen zur Koinzidenz mit dem Bildpunkte, dessen Koordinaten gesucht werden, zu bringen ist. Geteilte Kreise an den beiden Achsen der Kugel ergeben dann direkt die gewünschten Zahlen. Ferner wurden in 9,1 *m* Distanz von den Fernrohren zwei vollkommene Planspiegel aufgestellt, wodurch ermöglicht wurde, die auszumessende Platte und die Einstellkugel dicht unter das Beobachtungsrohr zu verlegen, was die Handhabung des Apparats sehr erleichterte.

Auch zu anderen Zwecken kann das Instrument noch benutzt werden. Die eine Hälfte der Kugeloberfläche trägt eine gröbere sphärische Einteilung von 10 zu 10 Grad. Projiziert man das Sonnenbild auf diese, so kann man direkt die Häufigkeit von Flecken, Fackeln und Flocken innerhalb bestimmter Gebiete ablesen. Bringt man an die Stelle der Kugel eine zweite photographische Sonnenaufnahme, so kann der Apparat als Stereokomparator verwendet werden. *J. H.*

Abakus der Höhe und des Azimuts des Polarsterns (für Canada).

Von E. Doville. *Trans. Roy. Soc. Canada* **12.** (*Sect. III.*) *S. 3. 1906 07* (*mit 2 Taf.*).

Die Grenzlinien der Sektionen in der Landesvermessung von Canada sind Nord-Süd- und Ost-West-Linien; die Landmesser, die *townships* weiter zu teilen haben, müssen deshalb häufig direkte Azimute bestimmen. Dazu ist die Verwendung des Polarsterns vorgeschrieben, der mit den von den Landmessern verwendeten Instrumentenfernrohren eine Stunde nach Sonnenaufgang und eine Stunde vor Sonnenuntergang zu finden ist, wenn er vorläufig auf einige Minuten genau eingestellt worden kann. Als Uhr dient eine gewöhnliche Taschenuhr, die so reguliert ist, daß sie täglich gegen ihren sonstigen Gang 3 Min. 56 Sek. verliert, und deren Stand gelegentlich durch Durchgänge der Sonne und von Sternen bestimmt wird. Bisher sind den Landmessern Tabellen gegeben worden, die die Azimute des Polarsterns von 10 zu 10 Min. Sternzeit und für die *townships* 0 (49° geogr. Breite), 20, 40, 60, 80 enthalten. Ferner sind in den Tabellen (zum Aufsuchen des Polarsterns) die Differenzen der Höhe von Polaris und der Polhöhe für die verschiedenen Zeiten angegeben. Viele Landmesser würden aber vorziehen, keine Interpolation für das Azimut und kein Ausrechnen der Höhe vornehmen zu müssen. Dazu hat nun der *Surveyor General* von Canada, E. Deville, die vorliegenden graphischen Tafeln nach der bekannten Methode der fluchtrechten Punkte entworfen, die für jene Breiten (49° = *township* 0, 56° 20′ = *township* 84; jede *township* entspricht 5′ Breitendifferenz) nur noch das Anlegen eines Lineals, am besten in der Form eines durch-

sichtigen Zeilhornstreifens mit eingerissener gerader Linie, veriangen, und deren Konstruktion beschrieben wird. Der Maßstab ist für das verbältnismäßig genau abzulesende Azimut des Polarsterns (Tafel I) durchschnittlich 80 *mm* = 1°, sodaß $^1/_{10}'$ noch geschätzt werden kann, für die nur zum Aufsnchen von Polaris abzulesende Höbe (Tafel II) etwa 24 *mm* = 1°, sodaß auf 1′ geschätzt werden kann. Wenn man Azimut und Höhe des Polarsterns nur für einen und denselben Ort (geogr. Breite) brancht, so hat man nur eine Tabelle notwendig, wie sie jetzt wohl überall im Gebranch ist, der man aber ebenfalls zweckmäßig die übersichtliche *graphische* Form (mit einem Argument) geben kann; im vorliegendeu Fall, wo für einen Breitenbereich von mehreren Graden zu sorgen ist, d. h. neben *S* oder *t* als Argument auch noch *φ* als 2. Argument in Betracht kommt, ist die vom Verf. gewählte Darstellnng der auf Argumenten- und Funktionswert-Trägern fluchtrecht zu verbindenden Punkte sehr zweckmäßig.

Hammer.

Genauigkeitsversuche mit einem Bohneschen Aneroid.

Von A. Schreiber. *Zeitschr. f. Vermess.* **35.** *S. 529, 561. 1906;* **36.** *S. 449, 481. 1907.*

In diesen zwei Aufsätzen teilt der Verf. die Ergebnisse von Versuchen mit, die er mit einem Bohneschen Aneroid neuerer Konstruktion (12 *cm* Teilungsdurchmesser; 0,1 *mm*-Intervall, Schätzung auf 0,01 *mm*) angestellt hat. Das Instrument ist als kompensiert bezeichnet, doch war bei der Untersuchung in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eine kleine Temperatnrkorrektion (— 0,01 *mm* für 1° C.) nachweisbar, die auch bei den Versnchsmessungen angebracht wurde. Dagegen bat der Verf. die bei derselben Untersuchung ermitteite Teilungskorrektion der Ablesnngen bei verschiedenen Drucken nicht berücksichtigt, weil es sich bei der Art der Bestimmung jener Korrektionen größtenteils um elastische Nachwirkungen zu handeln scheine, und ein Aneroid sich bei Bergbesteigungen ganz anders verhalte als bei künstlichen Druckänderungen. Die Standkorrektion war klein, ungefähr 1 *mm*, sodaß sie ebenfalls wegbleiben konute, übrigens nach Bergbesteignngen nnd Eisenbahnfahrten ziemlich verändert.

Mit dem Instrument sind zwei größere Reihen von Versuchsmessungen gemacht worden, die eine bestehend aus 6 Besteigungen des Lilienstelns (bei Königstein a. E.), von 126,5 *m* N.N. auf 412,3 *m* N.N. nnd wieder herab, im Sommer 1905; die zweite, speziell zur Bestimmnng der elastischen Nachwirkungen (und zwar bei bewegten Instrumenten, während die seitherigen Arbeiten über diesen Fehler der Aneroide sich künstlicher Druckänderungen bedienten) aus einer Reihe von Eisenbahnfahrten auf einer Strecke mit großen Höhenunterschieden (Mügeln–Geising, Länge 36 *km*, Höhenunterschied ohne die verlorenen Steigungen 470 *m*), ebenfalls im Sommer 1905 ausgeführt.

Beide Versuchsreihen und ihre Diskussion sind willkommene Beiträge zur Kenntnis der Aneroide; sie zeigen die große Genauigkeit der heutigen Aneroide unter gewissen Bedingungen, lassen aber auch ihren bedenklichsten Fehler, die „elastische Nachwirknng", scharf hervortreten. Aus den zahlreichen Ablesungen bei den 6 Lilienstelnbesteigungen (auch an 7 Punkten zwischen Anfangs- nnd Endpunkt der ganzen Strecke von 285,8 *m* Höhennnterschied) findet der Verf., daß der m. F. der einmaligen Luftdruckmessung mit dem Bohneschen Aneroid ± 0,04 *mm* beträgt (also nur $^1/_3$ des Fehlers, auf den man bei den Naudetschen Aneroiden rechnen mußte); für günstige Witternng und kurze Zeiten wird bei *Einschaltung* von Höhenpunkten zwischen gegebene Punkte von nicht zu großem Höhenabstand ein m. F. der Höhen von nicht über ± 0,6 *m* zu erwarten sein.

Der zweiten, wichtigeren Arbeit liegen Beobachtungen auf Eisenbahnfahrten (s. oben) zugrund; die Art der Erschütterungen des Instruments ist hier eine ganz andere als bei Fußwanderungen. Der Verf. hatte hier, wie schon oben angedeutet, die Diskussion der elastischen Nachwirkungen im Auge. Die genannte Bahnstrecke ist an drei Tagen je hin nnd zurück befahren, uud es sind auf jeder der 16 Haltepunkte der Strecke auf jeder der 6 Fahrten die Ablesungen gemacht. Bei der 1. Berechnung sind die Höhen der 14 Zwischenpnnkte zwischen den zwei als gegeben angenommenen Höhen der zwei Endpnnkte ohne Rücksicht auf Luftdruckänderungen in der Zwischenzeit und ohne Rücksicht auf die ge-

Digitized by Google

messenen Lufttemperaturen eingeschaltet und mit den wahren Höhen verglichen werden. Sodann sind noch drei andere Berechnungsweisen durchgeführt: eine 2. nach der gewöhnlichen Barometerformel unter Berücksichtigung der an korrespondierenden Stationen beobachteten Druckschwankungen und der gemessenen Lufttemperaturen, eine 3. nur mit Rücksicht auf die Druckschwankungen, aber ohne Rücksicht auf die Lufttemperaturänderungen (sodaß also die Temperatur der Luftsäule bei jeder Reise als konstant angenommen wurde). Bei dieser 3. Rechnung ist folgende barometrische Höhenformel verwendet: Bezeichnet Δ_0 die Druckdifferenz zwischen dem untern und obern Endpunkte der Strecke (Punkte 1 und 16), ferner p_0 den gemessenen Druck auf dem untern Anfangspunkt 1, p den gemessenen Druck auf einem der andern Punkte, so kann man dessen Erhebung über dem Punkt 1, wenn $p_0 - p = \Delta$ gesetzt wird, in die Form bringen

$$h = A \cdot \Delta + B \cdot \Delta^2 + C \cdot \Delta^3, \qquad 1)$$

wobei mittels einfacher Reihenentwicklung aus $h = K \cdot \log (p_0/p)$ die Koeffizienten A, B, C so zu bestimmen sind, daß für $\Delta = \Delta_0$ der Wert von h gleich 470,1 m, dem bekannten Höhenunterschied zwischen den Punkten 1 und 16, wird. Die Interpolationsformel 1) entspricht der gewöhnlichen, wenn für A der Wert h_0/Δ_0 genommen und $B = C = 0$ gesetzt wird; für größere Höhenunterschiede müssen aber das in Δ quadratische und selbst das kubische Glied mitgenommen werden. Bei der 4 Berechnung endlich ist ebenfalls Rücksicht genommen auf die beobachteten Druckschwankungen; die gemessene Lufttemperatur dagegen wird nicht verwendet, es ist vielmehr angenommen, daß die Temperatur proportional der Höhe abnehme. Dementsprechend ist für die 4. Berechnung eine Barometerformel zugrund gelegt, der nach P. Schreiber die Form

$$h = K' \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{k}}\right) \qquad 2)$$

gegeben werden kann, in der

$$K' = \frac{T_0}{\alpha}, \qquad \frac{1}{k} = \alpha \cdot R$$

gesetzt ist, und wobei R und T in der Laplaceschen Differentialgleichung

$$R \cdot \frac{dp}{dh} + \frac{p}{T} = 0 \qquad 3)$$

bedeuten die Konstante des Gasgesetzes (29,3) und die absolute Temperatur nach

$$T = T_0 - \alpha h. \qquad 4)$$

In dieser Gleichung 4) ist T_0 die absolute Temperatur im Punkt $h = 0$, wo der Druck p_0 beobachtet ist, α die Temperaturabnahme für 1 m Erhebung. Diesen Koeffizienten α bestimmt der Verf. übrigens nicht aus den einzelnen Temperaturablesungen, sondern nimmt ihn zu $^1/_{176}$ an, womit k rund gleich 6 wird.

Für jede der vier Rechnungsweisen werden die Fehler für die sämtlichen 15 Teilstrecken zwischen aufeinanderfolgenden Haltepunkten für die Berg- und für die Talfahrten zusammengestellt. Aus den 90 *Höhenunterschieden* der Teilstrecken, die zwischen 0 und 70 m liegen, finden sich bei den vier Rechnungsarten m. F. von

$$\pm 0{,}93\ m; \quad \pm 0{,}91\ m; \quad \pm 0{,}87\ m; \quad \pm 0{,}90\ m,$$

unter der Annahme, daß alle Abweichungen der Höhenunterschiede unter einander ihren Grund nur in *unregelmäßigen* Fehlern haben. Das Vorhandensein *systematischer* Fehler läßt sich aber in den Tabellen auf den ersten Blick erkennen und auf verschiedene Art nachweisen. Insbesondere ergeben sich aus den Fehlern der einzelnen *Höhen* der benutzten Punkte (durch Addition der vorhergehenden Teilhöhenunterschiede) *m. F. einer Höhe* bei den vier Rechnungsweisen von

$$\pm 1{,}72\ m; \quad \pm 1{,}65\ m; \quad \pm 1{,}38\ m; \quad \pm 1{,}51\ m,$$

also bedeutend größere Zahlen als die vorhin für die einzelnen Höhenunterschiede angeschriebenen Zahlen. Die Fehler sowohl für die Berg- als für die Talfahrten zeigen einen regelmäßigen

Verlauf, der aus den Temperaturfehlern *nicht* erklärt werden kann; auch andere regelmäßige Fehlerquellen (z. B. Exzentrizität des Aneroidzeigers) können die Kurvenbilder 1 und 2, *S. 485*, nicht erklären. Es bleibt vielmehr nur die Annahme *elastischer Nachwirkungen* übrig, die bei den raschen Druckänderungen (bis zu 1 *mm* pro Minute) auch zu erwarten sind. Die Art der Nachwirkung, wie sie die Figuren des Verf. zum Ausdruck bringen (Wechsel des Krümmungssinns) scheint den Bohneschen Aneroiden eigentümlich; die Fehler von Berg- und Talfahrt tilgen sich gegenseitig *nicht*. Hierin liegt ein Übelstand, der sonst so ausgezeichneten Instrumente von Bohno, der freilich für die wichtigste praktische Verwendung ohne wesentliche Bedeutung bleibt, weil hier so rasche Druckänderungen wie bei den Schreiberschen Versuchen nicht vorkommen.

Als Hauptergebnisse seiner Untersuchungen findet der Verf., daß der m. F. einer Luftdruckmessung mit dem Bohneschen Aneroid $^1/_{33}$ bis $^1/_{25}$ *mm* beträgt, je nachdem das Aneroid in Ruhe oder in Bewegung ist, wobei aber Nachwirkungen nicht inbegriffen sind. Die Bohneschen Aneroide sind also transportablen Quecksilber-Barometern entschieden überlegen; sie eignen sich besonders zu *Einschaltungs*-Messungen (oder Höhenanschluß-Schleifen). Der m. F. eines mäßigen Höhenunterschieds (bis 100 *m*) ist bei Anwendung eines einzigen Aneroids und Festpunktsanschluß etwa $\pm$ 0,90 *m*; sind keine elastischen Nachwirkungen zu fürchten (durchschnittenes Gelände mit verlorenen Steigungen oder bei Profilen zwischen zwei Festpunkten), so sinkt der Fehler auf $\pm$ 0,75 *m*. Für Messungen mit guten korrespondierenden Beobachtungen schätzt der Verf. bei der Möglichkeit der Elimination des Temperaturfehlers durch Festpunktsanschlüsse den Fehler noch etwas niedriger (aber wohl zu niedrig!). Jedenfalls kann aber bei genügender Zahl von Festpunktsanschlüssen die Temperaturmessung wegfallen. Zweckmäßig werden zu den Messungen gleichzeitig *zwei* Aneroide benutzt. Die Berechnung geschieht am besten nach Höhenstufen; ob Schlußfehler proportional der Zeit oder den Höhendifferenzen zu verteilen sind, ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Höhenberechnung nach Formeln, die auf die Temperaturabnahme nach oben Rücksicht nehmen, bringt bei *mäßigen* Höhenunterschieden keinen Vorteil; man rechnet in diesen praktisch wichtigsten Fällen am besten mit konstant angenommener Temperatur. „Bei großen Höhenunterschieden und schnellen Druckänderungen ist das Bohnesche Aneroid nur mit besonderer Vorsicht zu gebrauchen. Es treten in diesen Fällen elastische Nachwirkungen auf, die einen diesen Instrumenten eigenen Verlauf zeigen, indem die Nachwirkungen bei abnehmendem und zunehmendem Drucke parallel verlaufen, sodaß es nicht möglich ist, die diesen Nachwirkungen entsprechenden Fehler durch geeignete Kombination von Beobachtungen zu eliminieren." Der m. F. eines Höhenunterschieds bis zu 500 *m* ist, falls elastische Nachwirkungen auftreten, weit größer, als eben angegeben, etwa $\pm$ 1,4 *m*. Die elastischen Nachwirkungsfehler von Aneroiden können mit Hülfe von Eisenbahnfahrten auf Strecken von geeignetem Profil sehr gut bestimmt werden; die dabei zu erlangende Genauigkeit steht den Beobachtungen bei künstlichen Druckänderungen nicht nach.

Es hat den Ref. gefreut, seine stets vertretene Ansicht (im Vortrag über barometrische Höhenmessung), daß der Ingenieur sein Aneroid *selbst* untersuchen soll, und zwar *unter denselben natürlichen Bedingungen*, die beim *praktischen Gebrauch* des Instruments vorliegen, vom Verf. bestätigt zu sehen. *Hammer.*

Aperiodische Wage mit Eigendämpfung.

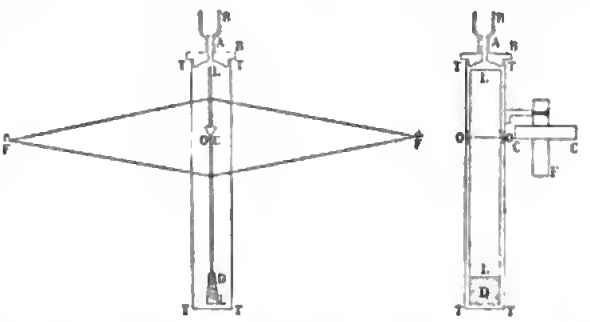
Von V. Crémieu. *Journ. de phys.* **6.** *S. 690. 1907.*

Um die bei der gewöhnlichen Dämpfung störende Verringerung der Empfindlichkeit einer Wage zu umgehen, verbindet der Verfasser das mit der dämpfenden Flüssigkeit gefüllte Gefäß, in welchem ein Körper beweglich aufgehängt ist, mit dem Wagebalken.

Die Figur zeigt die Verrichtung in Vorder- und Seitenansicht. In der Ebene der Schneide C ist mit dem Wagebalken ein Gefäß T von rechteckigem Querschnitt verbunden. Im Innern dieses Gefäßes befindet sich, in Steinen gelagert, eine Achse O derart, daß ihre Richtung genau mit der Verlängerung der Schneide C zusammenfällt. Sie trägt eine dünne

Digitized by Google

Lamelle L, welche fast den ganzen Querschnitt des Gefäßes (bis auf etwa 0,5 *mm*) ausfüllt und an ihrem unteren Ende mit einem Gewicht D belastet ist. Das Gefäß ist durch einen Stopfen B abgeschlossen und kann durch eine aufgesetzte feine Röhre A nebst Trichtor R mit einer zähen Flüssigkeit gefüllt werden.



Die Lamelle muß so dimensioniert sein, daß sie in dem mit Flüssigkeit gefüllten Gefäße nahezu aperiodisch schwingt, und daß ihre Eigenperiode derjenigen des Wagebalkens gleich ist. Alsdann wird sich bei schwingender Wage die Lamelle merklich vertikal einstellen. Unter diesen Bedingungen erhält man bei Wagen von geringerer Empfindlichkeit, z. B. einer Wage für 500 *g* Belastung, die einen Ausschlag von 5 Skalenintervallen auf 10 *mg* liefert, sehr gute Resultate. Bei Steigerung der Empfindlichkeit wächst die Dämpfung der Wage immer mehr, zugleich aber wird die Nullpunkts-Einstellung unkonstant.

Dasselbe Prinzip wird vorgeschlagen, um die Bewegungen eines Schiffes bei hoher See zu verringern. Nähere Angaben sind hierüber in der Mitteilung enthalten.

Schl.

Beasleys Registrier-Gaskalorimeter.

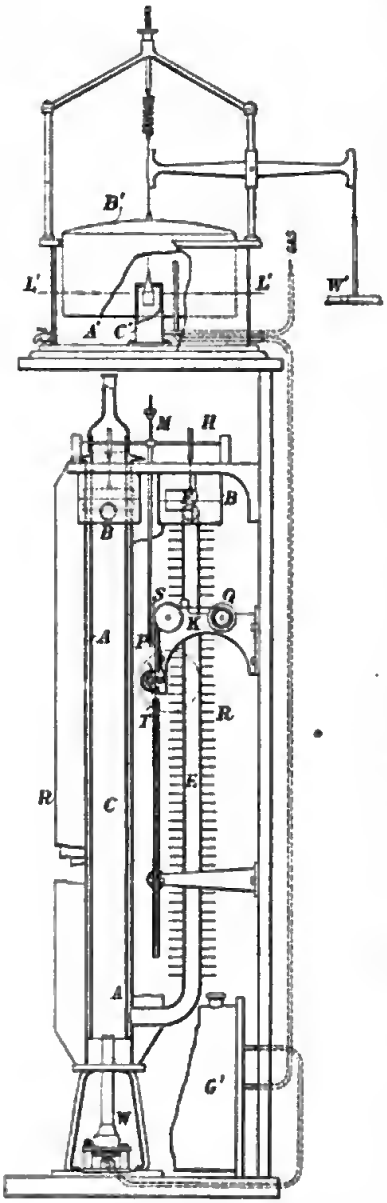
Nach Engineering 84. S. 46. 1907.

Bei der allgemein gebräuchlichen Form des Gaskalorimeters werden die Verbrennungsprodukte des Gases durch einen Wasserstrom auf Lufttemperatur abgekühlt, wobei die Verbrennungswärme des Gases durch den Anstieg der Temperatur des durchströmenden Wassers gemessen wird. Der bei der Verbrennung sich bildende Wasserdampf kondensiert sich hierbei im Innern des Instruments und gibt seine latente Wärme an das durchfließende Wasser ab. Die Messung ergibt deshalb die *gesamte* Verbrennungswärme oder den sog. *oberen* Heizwert des Gases, während für die Technik der *untere* Heizwert wichtiger ist.

Die umstehend abgebildete neue Form des Kalorimeters soll nun den unteren Heizwert angeben. Der Apparat besteht im wesentlichen aus drei Teilen: dem Kalorimeter mit Registriervorrichtung, einem Druckregler und einem besonders konstruierten Gasmesser. Das Gas verbrennt bei reichlicher Luftzufuhr in dem Schornstein C, der vermöge der Rippen R, ähnlich einem Radiator, eine große strahlende Oberfläche bietet. Die mittlere Temperatur, welche dieser Körper durch die Verbrennungsgase annimmt, ist direkt proportional der von der Flamme entwickelten Wärme. Die Verbrennungsprodukte ziehen mit einer Temperatur von ungefähr 70° C. ab, und kein Wasser wird kondensiert, sodaß der untere und nicht der obere Heizwert erhalten wird. Der Unterschied in der Temperatur des Schornsteins und derjenigen der Luft wird mittels eines Differentialthermometers automatisch aufgezeichnet. Letzteres besteht aus dem ringförmigen Raum AA, der im Schornstein C angebracht ist und mit dem Schenkel E ein U-förmiges Rohrsystem bildet, das an den beiden oberen Enden mit kleinen Gefäßen B verbunden ist. In die U-Röhre wird so weit Öl gegossen, daß beide Schenkel und die oberen Gefäße zum Teil gefüllt sind. Das zu untersuchende Gas wird in dem Gasbrenner W verbrannt; die entstehende Verbrennungswärme erhöht die Temperatur des Öls in dem Schenkel AA und verursacht, daß das Niveau über dasjenige in dem andern Schenkel E steigt, das in konstanter Höhe bleibt. Die Steighöhe entspricht direkt dem Temperaturanstieg, und der Niveauunterschied gibt ein Maß für die Verbrennungswärme des Gases. In den beiden Gefäßen B befinden sich zwei Schwimmer F, welche durch Drähte mit zwei auf der Achse H befestigten Rollen verbunden sind. Sobald die Schwimmer steigen oder fallen, dreht sich die Achse H, wodurch der Hebel M gedreht wird, der eine Feder P mit Stift zum Aufzeichnen eines Diagramms auf einer durch ein Uhrwerk T bewegten Rolle

Papier trägt; letztere Verrichtung ist auf dem Stück K angebracht. Das Papierband reicht für eine Woche aus.

Um einen konstanten Gasstrom zu erhalten, wird ein Druckregler und ein Stremmesser benutzt. Ersterer besteht aus einem äußeren Gefäß A', welches bis zur Höhe $L'L'$ mit Öl gefüllt ist und zur Aufnahme der Glocke B' dient, in deren Mitte ein kleiner Kegel an einer leichten Kette aufgehängt ist. Wenn der Gasstrom normal ist, wird die Glocke durch eine Feder und ein Gegengewicht W' im Gleichgewicht erhalten. Sobald aber eine Zu- oder Abnahme des Drucks eintritt, steigt oder fällt die Glocke, und damit schließt oder öffnet sich die für den Durchgang des Gases verhandene Öffnung zwischen dem Kegel und dem konischen Lager in der Kammer C'. Die Glocke ist groß und durch geringe Druckänderungen leicht beweglich, während der Regler den Druck auf 1,2 *cm* Wasserdruck konstant erhält, welcher Druck zur Inganghaltung des Gasmessers nötig ist. Diese Anordnung hat sich bei Druckschwankungen von 2,5 bis 25 *cm* während des Hauptgasverbrauchs bewährt, und der Regler soll selbst dann noch gut gearbeitet haben, wenn der Kegel und das Lager fast ganz mit teeriger Masse bedeckt waren.



Bei den gewöhnlichen Brennern ist der Widerstand, den der Gasstrahl findet, nicht konstant, besonders wenn die Gase nicht rein sind. Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, wurde eine besondere Form von Kontrollgasmesser benutzt, der bei G' am Fuße des Apparats angedeutet ist. Der Gasmesser besteht in der Hauptsache aus zwei zusammengekuppelten Trommeln, deren eine zum Messen und deren zweite zur Kontrolle dient. Die zweite ist in sechs oder mehr Kammern geteilt und enthält eine bestimmte Menge von Paraffinöl. Zwischen je zwei Kammern sind kleine Löcher, welche den Fluß des Öles hemmen und eine Art Bremse für die Umdrehung des Trommelsystems herstellen, sobald es durch einen Druck in Gang gesetzt ist, der mittels des erwähnten Reglers konstant gehalten wird. Auf diese Weise gelingt es, die Umdrehung der Trommel in konstanter Geschwindigkeit zu erhalten und einen gleichförmigen Gasstrom zu erzielen, solange ein freier Durchgang durch den Brenner vorhanden ist. Letzteres wird dadurch erreicht, daß der Brenner besonders groß gewählt ist, sodaß eine beträchtliche Menge teeriger Substanzen abgesetzt werden kann, ehe die Konstanz des Gasstroms merklich beeinflußt wird.

Des weiteren werden einige mit dem Kalorimeter angestellte Versuche mitgeteilt, aus denen hervorzugehen scheint, daß die Resultate in guter Übereinstimmung mit den Analysenergebnissen stehen. Es wurde auch gefunden, daß die gewöhnlichen Schwankungen in der Temperatur und in dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, ferner der Zustand des Radiators und die Beschaffenheit der Innenfläche des Schornsteins nur geringen Einfluß auf die Anzeichnungen des Instruments hatten. Für die Eichung des Apparats sind Wasserstoff und Kohlenoxyd benutzt worden.

Das Instrument ist von C. H. und F. G. Beasley und R. H. Bradbury in Smethwick bei Birmingham (England) verfertigt worden; es ist 2,13 *m* hoch und nimmt eine Bodenfläche von ungefähr 0,28 *qm* ein. *W.*

Über die Messung sehr tiefer Temperaturen.

Von H. Kamerlingh Onnes und C. A. Crommelin. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 95a. S. 1—34. 1906*: Nachtrag *ebenda S. 71—74.*

Die vorliegende Arbeit trägt den Untertitel: IX. Vergleichung eines Thermoelementes aus Konstantan-Stahl mit dem Wasserstoffthermometer; sie bildet einen Teil einer umfassenderen, deren Ziel es ist, die Richtigkeit der Messungen tiefer Temperaturen bei Anwendung vorschiedener Instrumente und Methoden zu prüfen. Die Untersuchung soll sich auf die Vergleichung eines Konstantan-Stahl-Thermoelementes, eines Gold- und eines Platin-Widerstandsthermometers miteinander und mit dem Gasthermometer erstrecken. Die hier mitgeteilten Messungen an dem Thermoelement sind weniger an sich als deshalb von Bedeutung, weil die Temperaturmessungen mit ihm vom Verf. später benutzt werden sollen.

Von den früheren Beobachtern haben Holborn und Wien ein Konstantan-Eisen-Element an zwei Punkten unter Null mit dem Wasserstoffthermometer verglichen und eine Formel zweiten Grades für die Abhängigkeit der Thermokraft von der Temperatur aufgestellt, während Ladenburg und Krügel eine Vergleichung an drei Punkten vornahmen und eine Formel dritten Grades benötigten. Die Kenntnis des Verlaufes der Thermokraft in dem ganzen Bereiche der Temperaturen unter 0° und die Darstellung durch eine Formel, die sich bis auf die Beobachtungsfehler den Messungen anpaßt, ist bisher noch nicht angestrebt worden.

Das Thermoelement des Verf. ist bereits früher genau beschrieben worden. Es zeichnet sich dadurch aus, daß die beiden Schenkel an einen massiven Kupferblock gelötet sind, wobei hier zum ersten Male die Lötstellen ganz ins Innere des Blocks verlegt sind, um noch sicherer als bei der älteren Form eine Beeinflussung durch die Wärmeleitung der Schenkel zu vermeiden. Die eingehend beschriebenen Vorsichtsmaßregeln bei der Meßanordnung bezwecken die Beseitigung störender Thermokräfte durch geeigneten Wärmeschutz aller Hülfsapparate und Schalter und die Behebung von Isolationsstörungen dadurch, daß alle Teile auf Paraffin gelegt sind, bis auf die Leitungen von Zimmer zu Zimmer. Warum diese ausgenommen sind, ist nicht einzusehen, da für sie eine Paraffinisolation keine Schwierigkeiten machen kann und *ein* Mangel alle andere Sorgfalt illusorisch macht; indessen hat sich der Verf. von der Güte seiner Isolation überzeugt. Die Thermokraft wurde mit Hülfe einer Kompensationsschaltung mit der einer Batterie von Thermoelementen verglichen, deren Lötstellen sich auf 0° und 100° befanden; diese wurde ihrerseits an eine Batterie von Westonschen Normal-Elementen angeschlossen. Die Verwendung von Thermoelementen, deren kalte Lötstellen sich in schmelzendem Eis und deren warme sich in dem Dampfe siedenden Wassers befinden, zur Herstellung einer reproduzierbaren elektromotorischen Kraft entspricht einem bereits früher gemachten Vorschlage (vgl. z. B. W. Kohlrausch, *Elektrotechn. Zeitschr. 7. S. 273. 1886*). Der verhältnismäßig große Aufwand an Apparaten und Ablesungen scheint hiernach durch den Vorteil der Reproduzierbarkeit aufgewogen zu werden.

Als Thermostat diente der früher beschriebene Kryostat für Temperaturen bis —259 (vgl. *diese Zeitschr. 27. S. 254. 1907*), in welchem mit flüssigem Methylchlorid, Äthylen, Sauerstoff und Wasserstoff zwölf Zwischentemperaturen hergestellt wurden.

Die Messungen zerfallen in zwei Reihen; in der ersten wurden die Angaben des Thermoelementes unmittelbar mit denen des Wasserstoffthermometers verglichen, in der zweiten mit denen eines Platin-Widerstandsthermometers, das an das Wasserstoffthermometer angeschlossen wurde.

Die Ergebnisse sind in Tabellen ausführlich mitgeteilt worden. Aus ihnen ergibt sich, daß die Thermokraft des Konstantan-Stahl-Elementes weder der Formel zweiten Grades von Avenarius, noch einer analogen dritten Grades, noch auch der logarithmischen Formel von Stansfield genügt. Einen ziemlich befriedigenden Anschluß gewährt dagegen eine nach Potenzen der Temperatur fortschreitende Reihe mit fünf Koeffizienten.

In dem Nachtrage wird die Berechnung noch einmal durchgeführt unter Berücksichtigung einer an den Werten für $-182°$ anzubringenden Korrektion. Nach Richtigstellung dieses Wertes schließt sich bereits eine Potenzreihe mit nur vier Gliedern den Beobachtungen hinreichend genau an. *Hffm.*

Einfaches Interferenzspektroskop.

Von E. Gehrcke. *Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 781. 1907; Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 529. 1907.*

Das von Lummer und Gehrcke[1]) angegebene Interferenzspektroskop ist seit einigen Jahren in der vorzüglichen Ausführungsform der Firma Fr. Schmidt & Haensch in Berlin im Handel. Den Hauptteil dieses Apparates bildet eine planparallele Glasplatte von großer Vollkommenheit. Wenn man, z. B. für gewisse wissenschaftliche Untersuchungen, ein möglichst großes Auflösungsvermögen anstrebt, so muß die planparallele Platte nicht allein möglichst vollkommen sein, sie muß auch eine möglichst große Längenausdehnung und, wenn es auf Lichtstärke ankommt, eine möglichst große Breite und Höhe besitzen. Diese Anforderungen an die planparallele Platte sind es, welche die Größe des Apparats und seinen ziemlich hohen Preis bedingen.

Nun ist die Erzielung der höchsten mit den heutigen Mitteln der Technik erreichbaren Leistungen in vielen Fällen keine notwendige Bedingung für die Anwendbarkeit des Interferenzspektroskops. Bei manchen Untersuchungen und vor allem für die Zwecke des Unter-

Fig. 1.

richtes reicht eine kleine planparallele Platte bereits aus. Mit einer solchen aber läßt sich auch ein System von Nebenapparaten kombinieren, deren Dimensionen wesentlich geringer sind, als die der bisher ausgeführten Apparate.

Ein derartiges, in erster Linie für Unterrichts- und Demonstrationszwecke bestimmtes Interferenzspektroskop hat neuerdings die Firma Schmidt & Haensch ausgeführt. In Fig. 1 ist schematisch der Strahlengang in dem Instrument dargestellt, Fig. 2 zeigt eine Gesamtansicht in $^1/_6$ nat. Gr. Wie ersichtlich, fällt das von der Lichtquelle *L*, z. B. einer mit Quecksilber gefüllten Geißler-Röhre, herkommende Licht zunächst auf den Spalt des Kollimators *K*; der Spalt steht, wie dies auch sonst üblich ist, nicht vertikal, sondern vielmehr unter einem Winkel von etwa 45 Grad gegen die Vertikale geneigt. Das Licht fällt dann in ein Glasprisma *G* von konstanter Ablenkung und durchsetzt danach die planparallele Platte *PQ*, bei *P* in diese eintretend. Die vielfachen im Innern reflektierten Strahlen werden von dem Beobachtungsfernrohr *F* vereinigt, und man beobachtet die Interferenzerscheinung durch das schwach vergrößernde Okular desselben. Die Schraube *s* (Fig. 2) dient dazu, das Prisma *G* zu drehen, sodaß man verschiedene Spektrallinien nacheinander durch das Gesichtsfeld wandern lassen kann. Die größte Längenausdehnung des Instruments vom Spalt bis zum Okular beträgt 53 *cm*.

Das Auflösungsvermögen des Apparats ist ungefähr gleich 100000, man kann also noch $^1/_{100}$ des Abstandes der *D*-Linien auflösen.

Der Apparat kann auch als gewöhnlicher Spektralapparat benutzt werden. Hierzu ist es nur nötig, den Spalt des Kollimators vertikal zu stellen, die planparallele Platte zu entfernen und dann dafür zu sorgen, daß das aus dem Prisma *G* kommende Licht in das Beobachtungsfernrohr *F* gelangt. Um dies zu erreichen, hebt man die planparallele Platte

[1]) O. Lummer und E. Gehrcke, *Ann. d. Physik* **10.** *S. 457—477. 1903.*

samt ihrer Fassung von der Unterlage ab und fügt ein dem Apparat beigegebenes, rechtwinkliges Prisma (R in Fig. 2) in den Strahlengang ein.

Man kann mit diesem einfachen Interferenzspektroskop eine Reihe von Beobachtungen unschwer anstellen, die mit Prismenapparaten nicht ausführbar sind, mit Gittern nur bei Anwendung größter Instrumententeiler Ausrüstung; es mögen hier nur genannt werden die neueren Ergebnisse über die Struktur feinster Spektrallinien und der Zeeman-Effekt. Zur Beobachtung der zuletzt genannten Erscheinung nimmt man als Lichtquelle zweckmäßig eine Quecksilber enthaltende Geißlersche Röhre mit enger Kapillare, wie sie z. B. von den Firmen F. O. R. Götze in Leipzig und C. Zeiß in Jena geliefert werden. Ein aus zwei Spulen von 10 *cm* Höhe und 4 *cm* Durchmesser gebildeter kleiner Elektromagnet (2 × 500 Windungen,

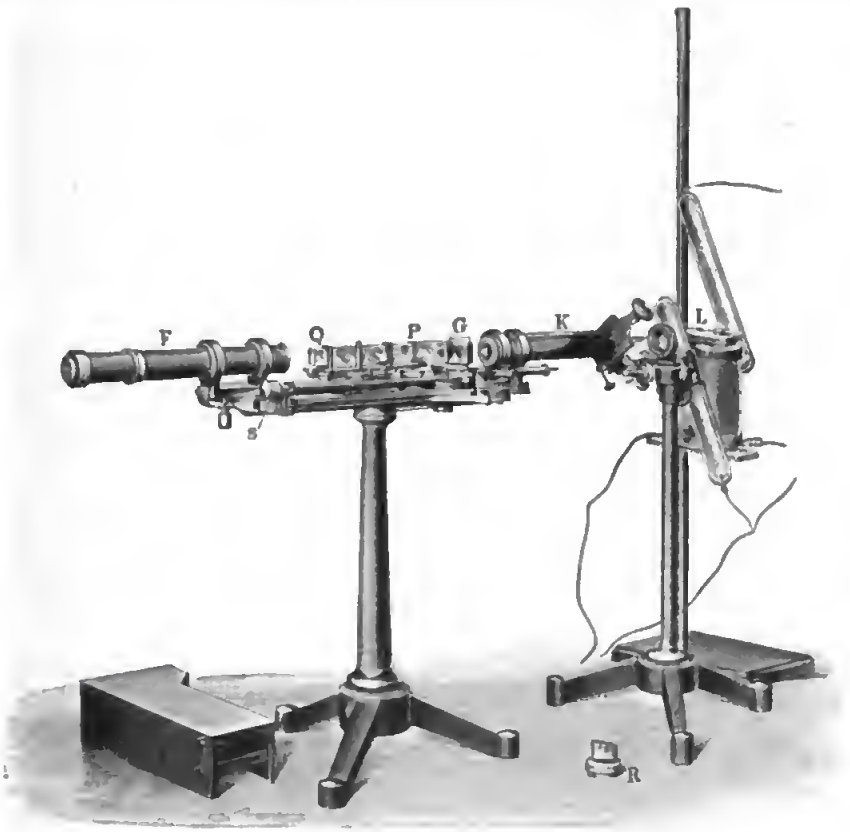


Fig. 2.

1,2 *mm* Drahtdicke, 6 Amp. Stromstärke, in Fig. 2 rechts sichtbar) reicht aus, um ein Feld von etwa 2000 Gauß zu erzeugen. Hängt man noch hinter das Okular des Beobachtungsfernrohrs ein dem Apparat beigegebenes Wollastonsches Prisma w (Fig. 1) so, daß man statt des von jeder Linie gebildeten Spaltbildes zwei solche in entgegengesetzten Richtungen (parallel und senkrecht zu den Kraftlinien) geradlinig polarisierte erhält, so beobachtet man beim Erregen des Elektromagneten, wie sich die Interferenzstreifen des Bildes, welches senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert ist, verdoppeln, während die Streifen des anderen, parallel den Kraftlinien polarisierten Bildes ihren Ort unverändert behalten (normales Triplett)[1]. Besonders die grüne Quecksilberlinie 546 $\mu\mu$ ist für die Beobachtung geeignet; die Anomalien der Linie treten unter den angewendeten Versuchsbedingungen noch nicht hervor.

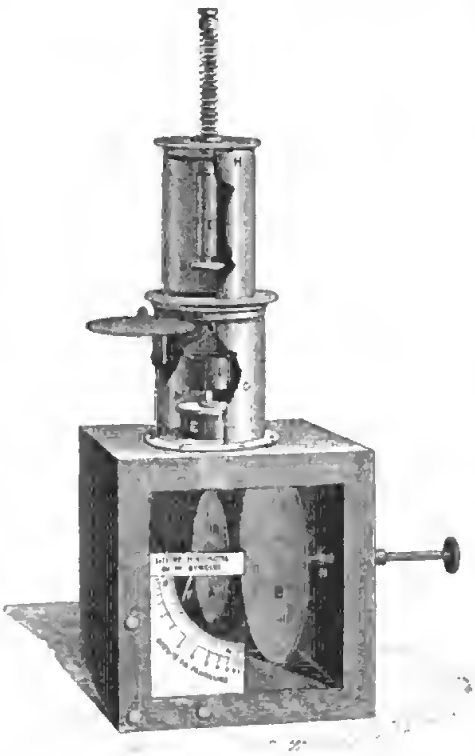
Der Preis des Apparates ist nicht höher als der eines gewöhnlichen Bunsen-Kirchhoffschen Spektralapparats. *Gehrcke.*

[1]) Vgl. E. Gehrcke, Die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie und Metrologie. Die Wissenschaft, Heft 17. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1906. *S. 108.*

Über Blattelektrometer.

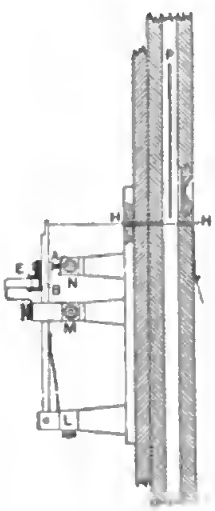
Von L. Benoist. *Journ. de phys.* **6.** *S. 604. 1907.*

Benoist benutzt in seinen Elekrometern nur *ein* Blatt aus Gold oder Aluminium mit den Abmessungen $6 \times 0{,}7$ *cm*. Das Blatt *F* (vgl. die Figur) liegt bei der Ablenkung Null eben auf einer Metallplatte *A* auf und wird in seiner Lage durch eine leichte, schmale Stahlfeder *R* gehalten, deren unterer Rand die Drehungsachse des Blattes bildet. Die Metallplatte *A* steht vertikal im Innern eines viereckigen Metallkastens und ist von letzterem isoliert; parallel zur Platte *A* ist verschiebbar eine Platte *B* angeordnet, durch welche die Kapazität des Elektrometers verändert werden kann. Der Kopf des Elektrometers wird nicht durch eine Kugel, sondern durch einen hohlen Zylinder *H* gebildet, in welchen elektrisierte Körper gelegt werden können. *D* ist ein Probescheibchen, um die Oberflächendichte eines geladenen Körpers zu messen. Die Ablenkungen werden an einer Kreisteilung abgelesen: Marken für die Haltung des Auges dienen zur Vermeidung der Parallaxe. Es werden Ablenkungen bis zu 90° benutzt. Dadurch, daß man Blätter von verschiedenem Gewicht (von der Drehungsachse an gerechnet) einsetzt, erhält man verschiedene Empfindlichkeiten; bei derselben Form des Blattes verhalten sich die Empfindlichkeiten ziemlich genau wie die Quadratwurzeln aus den Gewichten der Blätter. Bei den leichtesten Blättern erhält man einen Skalenteil Ausschlag für 15 bis 20 Volt, bei den schwersten für etwa 120 Volt. *E. O.*



Eine Methode, vorübergehende Erscheinungen durch den Oszillographen aufzunehmen.

Von J. T. Morris. *The Electrician* **59.** *S. 292. 1907.*



Gewöhnlich sind die Oszillographen nur mit Vorrichtungen ausgerüstet, um periodisch sich wiederholende Vorgänge aufnehmen zu können. Um Vorgänge, wie sie z. B. bei Stromschluß oder Stromöffnen entstehen, aufzuzeichnen, benutzt Morris eine Fallrinne, an welcher ein Stromschlüssel angeschraubt ist. Der Hebel des Schlüssel besteht aus einer Feder, die durch einen Faden *H* gespannt erhalten wird. Die fallende photographische Platte *P* besitzt unten eine Schneide, welche beim Fallen den Faden *H* durchschneidet. Dadurch löst der Schlüssel die Verbindung *L B A N* und stellt die Verbindung *L B E M* her. Es zeigte sich nun, daß die üblichen Schlüssel anfangs keinen zuverlässigen Kontakt herstellen. Der Strom wird durch die federnden Metallteile in den ersten hundertstel Sekunden mehrfach geschlossen und unterbrochen. Um einen sofort zuverlässigen Kontakt zu erhalten, wird ein Schlüssel benutzt, der aus zwei federnden Backen besteht, zwischen welche ein Stück geschoben wird, das vorn aus Ebonit und hinten aus Metall besteht; das federnde Abspringen der

Backen erfolgt hier während der Zeit, in der sie das Ebenitstück berühren. Tatsächlich zeigten die aufgenommenen Kurven, daß der Stromschluß durch diesen Schlüssel sefert zuverlässig erfolgte. Es werden mehrere Kurven abgebildet, wie Ladestrom eines Kondensaters, Stromschluß bei einer Kohlen- und einer Metallfadenlampe, Stromverlauf beim Durchbrennen einer Sicherung. *E. O.*

Ein sehr starker Elektromagnet.

Von P. Weiß. *Journ. de phys.* **6.** *S. 353. 1907.*

In dem Bestreben, die Streuung in der Nähe der Polstücke möglichst zu verringern, hat der Verf. bei der Konstruktion seines Elektromagnets nicht die von du Bois sorgsam ausgearbeitete Form des gleichmäßig bewickelten Rings gewählt, sondern ist wieder zu der alten Ruhmkorffschen Konstruktion übergegangen, bei welcher nur zwei relativ kurze, den Polen benachbarte Kerne die gesamte Wickelung tragen, aber das ganze jochartige Verbindungsstück aus weichem Eisen ohne Wickelung bleibt. Durch Vergrößerung des Querschnitts dieses Verbindungsstücks gegenüber demjenigen der Polstücke sucht der Verf. den magnetischen Widerstand zu verringern.

Diese Konstruktion beruht ja auf altbewährten Grundsätzen und hat auch im vorliegenden Falle nicht versagt, indessen scheint es dem Ref. doch, als ob durch die rechtwinklig umgebogenen und nicht durch Windungen geschützten Teile beträchtliche Streufelder geschaffen würden, welche bei der Wahl der Ringform mit gleichmäßiger, nur in der Nähe der Pole verstärkter Wickelung hätten vermieden werden können. Es wäre interessant gewesen, wenn der Verf. einige nähere Mitteilungen über die Größe der bei seinem Apparat vorhandenen Streuung gemacht hätte.

Die Magnetisierungswickelung besteht nicht aus runden umsponnenen Drähten, sondern aus Spiralen von 15 *mm* breiten und 1 *mm* dicken Kupferblechstreifen, deren einzelne Windungen durch eine 0,2 *mm* dicke Isolationsschicht voneinander getrennt sind. Die Spulen sind in Vaselineöl getaucht, das durch Wasserzirkulation gekühlt wird. Durch diese Anordnung wurde neben der Möglichkeit einer starken Belastung auch eine verzügliche Raumausnutzung erzielt; jeder Schenkel erhielt nämlich 1680 Windungen zu 60 Amp., der ganze Elektromagnet kann also mit 201 600 Amperewindungen erregt werden.

Der Polabstand kann dadurch verändert werden, daß sich die Magnetkerne mehr oder weniger tief in die Spulen einschieben und festklemmen lassen. Die Polstücke selbst wurden auf Grund der theoretischen Entwicklungen von Stefan u. A. konstruiert, und zwar wurde für den Neigungswinkel des äußersten, kegelförmigen Polstücks der Wert 57° festgehalten; eine Verjüngung der Magnetkerne auf diesen Kegelstumpf durch verschiedene zwischengeschaltete Kegelabschnitte von zunehmendem Öffnungswinkel erwies sich als vorteilhaft, dagegen gab die Verwendung von weichem Eisen verschiedener Herkunft zu den Polstücken keine merkliche Differenz in der Höhe des Feldes.

Das letztere erreichte bei Anwendung ebener Polflächen von nur 2 *mm* Durchmesser etwa 47 000 Gauß bei 53 Amp., während Ewing auf 45 000 und du Bois mit seinem Ringmagnet auf etwa 38 000 Gauß gekommen war. Dies könnte allerdings zuungunsten der Ringform sprechen; es ist jedoch zu bemerken, daß bei du Bois der Durchmesser der Polendflächen 3 *mm* betrug (gegen 2 *mm* bei Weiß), und daß auch die Dimensionen des ganzen Magnets sehr viel geringer waren. Beispielsweise hatte dort der Eisenkern nur 78 *qcm* Querschnitt, hier 177 *qcm*, die Zahl der dort verwendeten Amperewindungen betrug nur ungefähr die Hälfte, und der ganze Magnet von du Bois wog nur 270 *kg*, der vorliegende dagegen 1000 *kg*. Es ist also die erfreulicherweise vom Verf. erreichte hohe Feldstärke nur mit Hülfe gewaltiger Vergrößerungen der Dimensionen erreicht werden, und es dürfte somit trotz des erzielten größeren Effektes der Schluß nicht gerechtfertigt sein, daß die vorliegende Konstruktion der theoretisch wohl einwandfreieren Ringform gegenüber einen Fortschritt darstellt. *Gich.*

Bücherbesprechungen.

Neue Preisliste von Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, in Berlin-Nonnendamm. Preisliste 55 über thermoelektrische Pyrometer. 8°. 20 S. m. Fig. 1907.

Die Liste enthält außer einer das Verwendungsgebiet der thermoelektrischen Pyrometer und die Prinzipien der thermoelektrischen Temperaturmessung betreffenden Einleitung die Beschreibungen und Preisangaben über Thermoelemente, Montierungen, Zeigergalvanometer, registrierende Pyrometer und Schaltungen.

Als Thermoelemente werden aufgeführt die Kombinationen: Platin gegen Platinrhodium für Temperaturmessungen bis 1600°, Platin gegen Platiniridium bis 1000°, Silber gegen Konstantan bis 650°, Kupfer gegen Konstantan von — 190° bis 100°. Außerdem fabriziert die Firma noch für spezielle Zwecke, z. B. zum Eintauchen in heiße Flüssigkeiten, Thermoelemente, die aus einem Kupferrohr und einem hindurchgezogenen, mit Asbest isolierten und mit dem Ende des Rohres verlöteten Konstantandraht bestehen

Was die Montierung der Thermoelemente für den Gebrauch in höheren Temperaturen betrifft, so hält es bekanntlich außerordentlich schwer, ein geeignetes Material ausfindig zu machen, das hohen Temperaturen, mechanischen und chemischen Einflüssen und plötzlichen Temperaturänderungen hinreichend standhält. Die Firma hebt mit Recht hervor, daß es nicht möglich ist, eine für alle Zwecke brauchbare Montierung herzustellen, sondern daß sie der jeweiligen Art der Verwendung entsprechend gewählt werden muß.

Unter den Zeigergalvanometern, die sämtlich nach dem Prinzip der Drehspule im festen Magnetfelde gebaut werden, sind als neu hervorzuheben die in Spitzen gelagerten mit 18 Millivolt Meßbereich.

Zum Schluß werden die Registriergalvanometer aufgeführt; diese Instrumente, ursprünglich für rein industrielle Zwecke bestimmt, haben sich infolge ihrer vorzüglichen Ausführung auch für wissenschaftliche Untersuchungen als brauchbar gezeigt (vgl. *diese Zeitschr. 24. S. 350. 1904*; *25. S. 273. 1905*). Endlich wird noch die von Lindeck angegebene Kompensationsschaltung aufgeführt (vgl. *diese Zeitschr. 20. S. 292. 1900*). *Rt.*

Neu erschienene Bücher.

L. Poincaré, *L'Électricité.* 8°. 207 S. Paris 1907. 3 M.

L. Bloch, Grundzüge der Beleuchtungstechnik. 8°. VIII, 157 S. m. 41 Fig. Berlin, J. Springer 1907. 4 M.; geb. in Leinw. 5 M.

E. Nesper, Die Frequenzmesser u. Dämpfungsmesser der Strahlentelegraphie. gr. 8°. X, 250 S. m. 197 Fig. Leipzig, Veit & Co. 1907. 11 M.

P. Rozé, *Théorie et usage de la Règle à Calculs (Règle des écoles — Règle Mannheim).* gr. 8°. 122 S. m. 1 Taf. u. 85 Fig. Paris 1907. 3 M.

Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Hrsg. vom Dir. H. C. Vogel. Lex. 8°. Potsdam. Leipzig, W. Engelmann

Nr. 54. (XVIII. Bds. 2. Stück.) G. Eberhard, Untersuchungen üb. den Spektrographen IV des astrophysikalischen Observatoriums. 110 S. m. 2 Fig. im Text. 1907. 7 M.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik u. Meteorologie. 10., umgearb. u. verm. Aufl. Hrsg. v. Prof. L. Pfaundler. In 4 Bdn. Mit üb. 3000 Abbildgn. u. Taf., z. Tl. in Farbendruck. III. Bd., 4. Buch. Wärmelehre, chem. Physik, Thermodynamik u. Meteorologie v. Prof. L. Pfaundler, Privatdoz. K. Drucker, Prof. A. Wassmuth u. Prof. J. Hann. Lex. 8°. XIV, 923 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1907. 16 M.; geb. in Halbfrz. 18 M.

M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente. Nach Quellen bearb. gr. 8°. VIII, 223 S. m. 90 Fig. u. 1 Tab. Berlin, J. Springer 1907. 6 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Februar 1908.** Zweites Heft.

Über die Sprungsche Vereinfachung meines Regen-Auffangapparates und über einen neuen Regenautographen.

Von

W. Gallenkamp in München.

In *dieser Zeitschr. 27. S. 340. 1907* hat Hr. Prof. Sprung eine große Vereinfachung des Auffangapparates meines in der *Meteorolog. Zeitschr. 22. S. 1. 1905* vorgeschlagenen Regenautographen beschrieben. Wenn diese Vorrichtung sich dauernd bewährt, so ist diese Vereinfachung in der Tat auch eine große Verbesserung, da sie alle beweglichen Teile vermeidet. Den gleichen Gedanken wie Hr. Sprung habe ich vor der Konstruktion meines Apparates gleichfalls gehabt, bin allerdings damals ohne Erfolg geblieben. Ich benutzte zwei horizontal sich gegenüberstehende Drahtspitzen, die der Wassertropfen beim Herabfallen leitend verbinden sollte. Das gelang mir nicht, da ich nur mit 3 bis 4 Trockenelementen arbeitete. Das einzige, was ich erzielte, war, den Stromkreis eines Telephons zu schließen, sodaß ich den Tropfenfall wenigstens im Zimmer abhören konnte. Damit war mir indes nicht gedient, und so mußte ich die mechanische Kraft des Tropfenfalls benutzen. Auch der Zusatz von leitfähigen Salzen, den ich gleichfalls versucht hatte, gab mir keine Resultate. An ein Relais dachte ich allerdings damals nicht, andererseits wäre mir die Verwendung von 70 oder auch nur 25 Trockenelementen als für die Dauerpraxis zu wenig einfach erschienen. Zwei Bedenken, die ich auch Hrn. Sprung gegenüber geäußert habe, möchte ich gegen die neue, durch ihre Einfachheit so verlockende Konstruktion auch hier aussprechen: In der Sprungschen Vorrichtung läuft der Tropfen zwischen zwei vertikal neben einander laufenden Drähten abwärts, braucht also für seinen Weg eine gewisse Zeit. Das ist auch nötig, damit der Kontakt genügend lang ist, um sicher den Anker des Elektromagneten der Registriervorrichtung anzuziehen. Schon aus diesem Grunde hätte meine oben erwähnte Vorrichtung keine brauchbaren Resultate ergeben. Ist nun aber diese Zeit nicht zu lang, um den einen Tropfen unten abfließen zu lassen, bevor der folgende auftrifft? In dem Apparat, wie ich ihn seit 1905 benutzt habe (s. u.), treffen bei heftigem Regen bisweilen auf die halbe Minute 120 bis 130 Tropfen, also 4 Tropfen auf die Sekunde. Ob da bei der Sprungschen Vorrichtung nicht jeweils mehr als ein Tropfen die Drahtstrecke durchläuft, mit anderen Worten, also dauernd der Strom geschlossen wird, vermag ich ohne Angabe der Größenverhältnisse, die in Fig. 2 der obigen Arbeit vielleicht nicht ganz richtig wiedergegeben sind, nicht zu beurteilen. Ein anderer Übelstand, der sich leicht einstellen kann, wenn man wie Hr. Sprung die Tropfstelle selbst als Kontakt benutzt, ist der, daß sich im Laufe der Zeit, die der Apparat im Freien steht, Schmutz, Staub und die im Wasser gelösten Substanzen (besonders wenn leitende

Substanzen direkt zugesetzt werden) auf den anfangs blanken Drähten absetzen und so allmählich den Stromübergang erschweren, wenn nicht überhaupt verhindern werden. Selbst bei meinen Versuchen mit dem Telephon konnte ich eine deutliche Abnahme der Tonstärke im Laufe der Zeit heraushören. Alles das sind Übelstände, die sich zweifellos beseitigen lassen; ich möchte hier nur auf sie hingewiesen haben.

Was Hr. Sprung über seine bekannte Registriervorrichtung schreibt, ist ganz sicher richtig. Es ist ein zweifellos außerordentlich glücklicher Gedanke, das Fortschreiten des Papierstreifens von der Intensität des zu messenden meteorologischen Elementes abhängig zu machen; die Papierersparnis ist eine ganz enorme. Trotzdem möchte ich hervorheben, daß für meinen Apparat und überhaupt für solche, die derartig kleine Größen wie einen Wassertropfen in selbst bei relativ kleiner Zeit beträchtlicher Anzahl registrieren sollen, eine Registriervorrichtung wie die Sprungsche versagt bezw. ihre Vorzüge zum größten Teil einbüßt. Bei der Sprungschen Registriervorrichtung entspricht 1 Stunde einer Strecke von 30 bezw. 60 *mm*; das durch den Tropfen bewirkte Vorrücken des Streifens muß, um erkennbar zu sein, mindestens $^1/_2$ *mm* betragen. Nehmen wir jetzt einen ziemlich mäßigen Regen, der in meinem Apparat 20 Tropfen pro $^1/_2$ Minute ergibt. Das würde im Sprungschen Registrierapparat eine Stundenabszisse von $^1/_4$ bis $^1/_2$ *mm*, eine Tropfordinate von 10 *mm* ergeben. Das ist aber so gut wie eine gerade Linie, in der weder die 20 Absätze, die je einem Tropfen entsprechen sollen, überhaupt noch erkennbar sind, denn jeder ist nur $^1/_{30}$ bezw. $^1/_{40}$ *mm* lang, noch auch die Verschiebung um $^1/_4$ bezw. $^1/_2$ *mm* augenfällig ist. Der Papierverbrauch wächst natürlich, wenn wir bedenken, daß im Sprungschen Apparat je 5 *ccm*, im Tropfapparat dagegen nur etwa $^1/_{10}$ *ccm* registriert werden, auf das 50-fache. Nehmen wir die Zeitabszissen größer bezw. für kleinere Intervalle, so werden wohl die Markierungen deutlicher, aber der Papierverbrauch wächst noch mehr. Der Natur der Sache nach kann das ja auch nicht anders sein.

Diese Papierschwierigkeit hat mich auch veranlaßt, den Gedanken der fortlaufenden Registrierung, wie ich ihn in der *Meteorolog. Zeitschr. a. a. O.* äußerte, ganz fallen zu lassen. Ich habe in den seitdem verstrichenen drei Jahren lediglich den einzelnen mich interessierenden Regen aufzeichnen lassen, und zwar ganz einfach mit einem Morse-Apparat, dessen Geschwindigkeit durch eine einfache Hemmung so gemäßigt wurde, daß sein Papierstreifen etwa 110 *mm* in $^1/_2$ Minute zurücklegte. Die nie ganz konstante Laufgeschwindigkeit des Morse-Schreibers kontrollierte ich durch eine besonders angebrachte Zeitmarkierung, die jede $^1/_2$ Minute durch einen separaten Punkt oder Strich markierte. Auch die Wippe, wie sie in der ursprünglich gedachten Konstruktion vorgesehen war, habe ich bald fallen lassen, nicht weil sie nicht leicht genug hergestellt werden kann, sondern weil sie viel zu träge ist. Als Kontaktvorrichtung habe ich seitdem und ohne jede Störung oder Unregelmäßigkeit die in Fig. 1 abgebildete benutzt. Hier fällt der Tropfen auf eine Stahlfeder, deren Platinspitze dadurch in das Quecksilber getaucht wird. Durch den über dem Quecksilber sichtbaren (isolierten) Dämpfungsbügel wird die Feder sofort nach dem Wiederhochschnellen zur Ruhe gebracht und ist für den nächsten Tropfen bereit. Durch Stellschrauben läßt sich die Beweglichkeit und Schwingungsweite der Feder beliebig regulieren. Diese Vorrichtung hat, wie erwähnt, trotz aller Verschmutzung und Bespritzung tadellos gearbeitet; auch ein Klebenbleiben am Quecksilber ist trotz

Fig. 1.

Oxydierung des letzteren nie erfolgt. So ist allerdings der ursprüngliche Apparat ein wesentlich anderer geworden; nur das Prinzip ist geblieben und hat sich, wie ich nach drei Jahren wohl sagen kann, bewährt.

Die Frage nach der Konstanz der Tropfengröße, die Hr. Sprung berührt, ist natürlich nicht zu vernachlässigen. Das Gewicht bezw. Volumen der Tropfen hängt zweifellos von der Geschwindigkeit des Abtropfens ab. Bei ganz ruhiger Bildung sind die Tropfen größer als bei schnellerem Abtropfen, um dann bei noch schnellerem wieder zuzunehmen. Ich muß gestehen, daß ich diese Abhängigkeit der Tropfengröße von der Tropfgeschwindigkeit nicht mit aller Schärfe bestimmt habe, weil sich mir bald die Gewißheit herausstellte, daß mein Apparat sich in der Hauptsache als Instrument zur Messung des Regenverlaufs, vor allem zu Vergleichsmessungen, weniger zur quantitativen Registrierung der Regenhöhe verwenden ließe. Und in diesem Sinne habe ich ihn auch später ausschließlich benutzt. Für den vergleichenden Regenverlauf, wo solche kolossalen Unterschiede vorkommen, ist es aber gleichgültig, ob die absoluten Höhen um wenige Prozent, absolut gemessen, nicht richtig sind. Aber auch absolut genommen glaube ich, daß die Differenzen in den Tropfengrößen, die übrigens leicht rechnerisch berücksichtigt werden können, keine sehr entscheidende Rolle spielen, wenn wir berücksichtigen, was und unter welchen Verhältnissen mit solchen Instrumenten überhaupt gemessen wird. Derartige Regenintensitätsmesser werden nur dann von Nutzen sein, wenn heftige Böen- oder Gewitterregen zu registrieren sind. Nun ist bekannt, daß bei solchen die lokalen Unterschiede oft in wenigen hundert Meter Entfernung ganz außerordentlich große sind, die die Genauigkeit des einzelnen Apparates, selbst wenn er um mehrere Prozent falsche absolute Werte aufzeichnet, weit übersteigen. Eine übertriebene absolute Genauigkeit für den einzelnen Apparat wäre also zwecklos. Die relative Genauigkeit, um die es sich ja bei Vergleichsmessungen hier handeln würde, bleibt dagegen vollständig gewahrt, da ja jeder Apparat den gleichen absoluten Fehler haben würde. Außerdem ist nicht zu vergessen, daß die Resultate, die das Experiment im Laboratorium gibt, auf unseren Apparat nicht ohne weiteres anwendbar sind. Bei den Tropfapparaten, die im Freien stehen, wird es im allgemeinen zu einer ungestörten Ausbildung des Tropfens, für die ja jene Unterschiede nur gelten, überhaupt nicht kommen. Erschütterungen durch den Wind, durch direkt einfallende Regentropfen, durch die Unregelmäßigkeiten des Einfließens des Wassers in die Trichterröhre u. s. w. werden auch den langsam sich bildenden Tropfen vorzeitig abreißen und, da ihr Einfluß auf diesen letzteren größer ist, als auf den sich schnell bildenden Tropfen, den Unterschied zwischen beiden wesentlich verkleinern. Vergleichsmessungen, die ich zwischen meinem und einem benachbarten Hellmannschen Regenmesser anstellte, haben auch im relativen Verlauf absolute Übereinstimmung und in den absoluten Regenhöhen keine größeren Differenzen ergeben, als wie sie überhaupt zwischen räumlich getrennten Regenmessern bestehen.

Eine Schwierigkeit oder Unbequemlichkeit hat ja mein Apparat. Das ist die Notwendigkeit, die markierten Punkte zu zählen oder zu messen und die betreffenden Werte dann erst auf Koordinatenpapier zu Kurven zu gestalten. Diese Schwierigkeit bleibt auch bei all den Instrumenten, die zeitlich sprungweise irgendwelche Änderungen der zu messenden Elemente aufzeichnen, und ist ja auch bei der Sprungschen Registriervorrichtung vorhanden. Ein wirklicher Regenautograph sollte diese Kurven aber kontinuierlich selbst und direkt aufzeichnen. Das einzige Mittel hierzu (die von Hrn. Sprung im „*Wetter*“ (*Märzheft 1905*) vorgeschlagene Änderung meines Apparates

scheint mir, weil zu sprungweise arbeitend, besonders beim Wechsel von einer Zeiteinheit zur andern, keine ganz einwandfreien und befriedigenden Resultate zu geben) ist meiner Ansicht nach die Benutznng der im Abflußrohr des Trichters erzengten Strömung des abfließenden Wassers. Wenn es gelingt, diese Strömung, die ja je nach der Intensität des Regens mehr oder weniger stark ist, ihre Geschwindigkeit selbst aufzeichnen zu lassen, so haben wir den vollkommenen Regenantographen. Das ist scheinbar sehr einfach, aber in Wirklichkeit nicht so leicht wegen der Kleinheit der Geschwindigkeit, die sich in den gewöhnlichen Regenmessern ergibt. Zunächst müssen wir einmal den Auffangtrichter

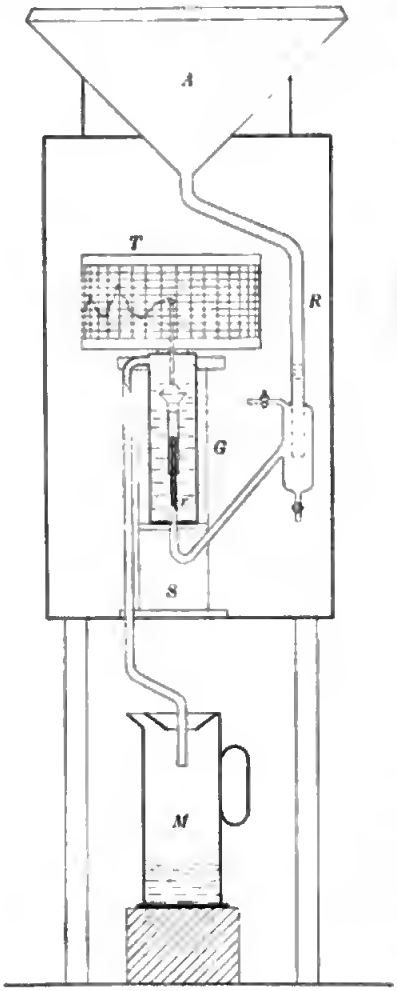
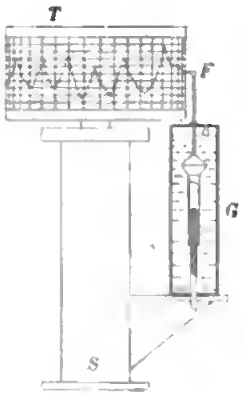


Fig. 2.



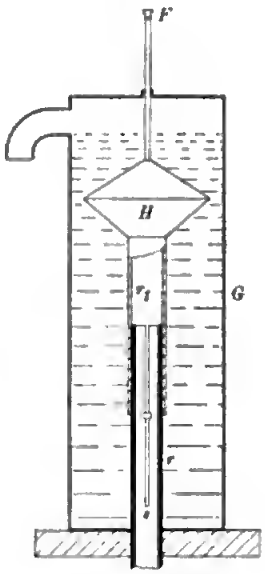


Fig. 3.

wesentlich vergrößern, damit größere Wassermengen zur Wirksamkeit gelangen. Andrerseits kann man der Handlichkeit wegen kaum über Trichter von 40 bis 50 *cm* Durchmesser gehen. Aber auch hierbei muß, um brauchbare Geschwindigkeiten zu bekommen, der Teil des Abflußrohres, an dem die Messung vorgenommen werden soll, auf etwa 3 bis 5 *mm* Durchmesser verengt werden. Und in derartig engen Röhren lassen sich keine Meßgeräte anbringen. Man könnte daran denken, hinter dieser Verengung ein bewegliches Plättchen anzubringen, das durch den Strom mehr oder weniger aus der Vertikalen abgelenkt wird. Mechanisch läßt sich aber diese Bewegung kaum zur Registrierung benutzen, da sie zu klein ist und nngemein leicht bleiben muß. Spiegelung und photographische Registrierung sind wohl denkbar, aber im Interesse der Handlichkeit, wenn möglich, zu vermeiden.

Ein Weg, der vielleicht gangbar ist, scheint mir der folgende zu sein, der eine Abänderung des Hellmannschen Schwimmerprinzips ist (Fig. 2). Das in den Auffangtrichter *A* fallende Regenwasser fließt durch die Röhre *R* in eine in dem Standgefäß *G* vertikal nach oben gerichtete Röhre *r* (in Fig. 3 in größerem Maßstabe dargestellt), die der Länge nach einen engen Schlitz *s* hat. Über diese Röhre *r* schiebt

sich eine zweite, ziemlich genau, aber ohne Reibung passende Röhre r_1, welche mit einem kleinen Stift den Schlitz der ersten Röhre gleich als Führung benutzt. Oben trägt die Röhre r_1 ein Hohlgefäß H mit der daraufgesetzten Schreibfeder F. Das Hohlgefäß ist so bemessen, daß das ganze bewegliche System, der „Schwimmer", nahezu ausbalanciert ist, sich selbst überlassen nur langsam nach unten sinkt und beim geringsten Druck von unten sich hebt (der Schlitz kann übrigens auch im Schwimmerrohr angebracht sein). Die Schreibfeder macht ihre Aufzeichnungen, wie üblich, auf der Schreibtrommel T, deren Säule S zugleich einen Halter für das Standgefäß G trägt. Das Wasser dieses letzteren fließt oben durch eine Röhre ab in das unter dem Apparat zur Kontrolle aufgestellte Sammelgefäß M. Zwischen Auffangtrichter und Schwimmer ist eine Erweiterung als Schmutz- und Luftfänger eingeschaltet, die oben und unten Stopfen bezw. Hähne hat, oben zur Entfernung von Luftblasen, unten zur zeitweiligen Entfernung des angesammelten Schmutzes, der nicht in den Schwimmer gelangen darf. Die Wirkung des Apparates ist folgende: Wenn das aus dem Trichter kommende Wasser durch die Schlitzröhre in die Schwimmerröhre strömt, so findet es zunächst keinen Ausgang; es hebt also den Schwimmer so lange, bis die durch die Hebung frei gewordene Schlitzweite ihm hinreichenden Abfluß gestattet. Steigt die Intensität des Regens, so wird diese Schlitzweite nicht mehr genügen, der erhöhte Druck des schneller fließenden Wassers hebt den Schwimmer wieder so weit, bis die jetzt vergrößerte Schlitzweite ein entsprechend vermehrtes Abfließen erlaubt. Bei verminderter Intensität sinkt der Schwimmer wieder so weit, bis Zufluß und Abfluß wieder geregelt sind. In dieser Weise wird die Höhe des Hubes, den der Schwimmer erleidet, der Intensität jeweils proportional sein. Diese Höhe registriert sich aber identisch auf der Schreibtrommel. Auf der letzteren wird sich also direkt ein der Regenintensität entsprechendes Kurvenbild abzeichnen.

In der Praxis werden diese Verhältnisse natürlich etwas abgeändert werden, vor allem durch die Reibung, die einerseits das Wasser in der verhältnismäßig langen Leitung erleidet, und die andererseits die Schwimmerröhren in sich und vor allem die Schreibfeder am Papier zu überwinden hat. Zur Verminderung der ersten, und um Niveaudifferenzen zu vermeiden, wird man überall weite Röhren verwenden bis auf die Schlitzröhre, die eine gewisse Enge besitzen muß, um dem Wasser die erforderliche Geschwindigkeit zur Bewegung des Schwimmers zu verleihen. Um letzteres zu erleichtern, muß der Schwimmer und die Feder aus Aluminium sein; die Kleinheit der zu bewegenden Masse ist Haupterfordernis; auch die Gewichtszunahme des Schwimmers infolge Erhebung der Feder aus dem Wasser wäre zu berücksichtigen. In welchen Beziehungen Trichterdurchmesser, also Wassermenge, zur Weite und Länge der Röhren, zur Schlitzweite und zum Gewicht des Schwimmers stehen muß, darüber läßt sich nur auf Grund praktischer Erprobung entscheiden. Auch die Eichung des Apparates könnte also nur empirisch geschehen. In dieser Beziehung soll die angegebene Konstruktion lediglich ein Vorschlag sein; die praktische Durchführung muß dem ausführenden Mechaniker überlassen bleiben, der, wie ich glaube, keine besonderen Schwierigkeiten dabei finden wird.

Um mich über die Brauchbarkeit des Prinzips zu informieren, benutzte ich folgende Versuchsanordnung. In einen weiten Glaszylinder führte ich unten eine vertikale Röhre (von etwa 7 *mm* äußerem Durchmesser) ein, über die eine etwas weitere (von etwa 9 *mm* innerem Durchmesser), oben zugeschmolzene, mit einem Kork so ausbalancierte Röhre gestülpt war, daß sie in dem ganz mit Wasser gefüllten

Digitized by Google

Zylinder eben untersank. Der Schlitz war hier ersetzt durch den engen Zwischenraum zwischen den Röhren, der ebenfalls dem Wasserabfluß um so mehr freien Weg gestattete, je höher die Schwimmerröhre gehoben wurde (ein Prinzip, das ja auch im eigentlichen Apparat verwendet werden kann). Die feste Röhre war außerhalb des Zylinders in ein weites, senkrecht nach oben stehendes Rohr fortgesetzt, das dem obigen Trichterrohr *R* entsprach. Wenn in dieses letztere nun Wasser einfloß, so hob sich der Schwimmer und mit ihm eine durch einen Aluminiumdraht markierte Schreibfeder, die auf einer berußten Glasscheibe die jeweilige Höhe aufzeichnete. Selbst diese primitive Einrichtung war trotz der großen Masse des Schwimmers sehr empfindlich. Auch wenn in das weite Außenrohr das Wasser nur tropfenweise einfloß, wie es einem sehr schwachen Regen entsprechen würde, hob sich der Schwimmer deutlich. Bei kräftigem Einströmen (etwa 2 *ccm* pro Sek., wie es einem heftigen Regen entsprechen würde) hob sich der Schwimmer um etwa 12 *cm*. Auch die Reibung der Schreibfeder verhinderte das Auf- und Niedersteigen des Schwimmers so gut wie gar nicht. Ich glaube also, daß das Prinzip sich unbedenklich in die Praxis umsetzen läßt.

Was die Dimensionen des Apparates anlangt, so muß der Trichterdurchmesser etwa 50 *cm* betragen, die Weite der Schlitzröhre etwa 5 *mm*, ihre Länge 10 bis 20 *cm*, je nach der gewünschten Genauigkeit. Der Schreibtrommeldurchmesser müßte, wenn wir pro Minute eine Strecke von $^1/_2$ *mm* nehmen (und weniger dürfte der Deutlichkeit halber nicht genommen werden) etwa 24 *cm* sein, was einem täglichen Papierstreifen von etwa 72 *cm* entspricht. Die Breite des Streifens betrüge, je nach Hubhöhe des Schwimmers, 10 bis 20 *cm*. Dies wären die Minimaldimensionen. Wo es sich lediglich um das Studium einzelner Regen handelt (und dies wird das Hauptfeld auch dieses Apparates sein), könnten diese Maße natürlich beliebig geändert und für größere Empfindlichkeit bemessen werden.

Einen Vorzug, den sonst der Sprungsche Apparat und der meinige bieten, nämlich die räumliche Trennung von Auffang- und Registrierapparat, büßt der oben beschriebene allerdings wieder ein. Indessen glaube ich, daß auch hierfür Abhülfe geschaffen werden kann.

Kompensationswiderstand für das Kadmium-Normalelement.

Von

H. Diesselhorst in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Um mit Hülfe eines Kadmium-Normalelementes von der elektromotorischen Kraft 1,0186 Volt eine Stromstärke von 0,0001 Ampere herzustellen, pflegt man dasselbe an einem Widerstand von 10186 Ohm zu kompensieren. Der den Widerstand durchfließende Strom hat dann die vorgeschriebene Größe. Den Kompensationsapparaten ist häufig ein solcher Widerstand beigegeben und außerdem für 0,001 und 0,01 Ampere die entsprechenden Widerstände 1018,6 und 101,86 Ohm. Hat das Normal-Element zufällig eine etwas andere E.M.K., z. B. 1,0190 Volt, so passen die Widerstände nicht genau, und es ist dann meist recht umständlich, die Messungsresultate richtig zu erhalten. Hat man einen geeigneten Rheostaten zur Verfügung, so läßt sich mit diesem der genaue Kompensationswiderstand einstellen. Da aber in den üblichen Rheostaten

die kleinste Unterabteilung 0,1 Ohm beträgt, erhebt sich wieder eine Schwierigkeit, sobald man etwa 101,86 oder 10,186 Ohm haben will.

Aus diesen Gründen schien es zweckmäßig, eine eigens zur Kompensation des Kadmium-Normalelementes bestimmte Widerstandsanordnung zu konstruieren. Von der Firma O. Wolff in Berlin wurde ein derartiger Apparat, der im folgenden beschrieben werden soll, zugleich mit dem in *dieser Zeitschr. 28. S. 1. 1908* beschriebenen thermokraftfreien Kompensationsapparat ausgeführt.

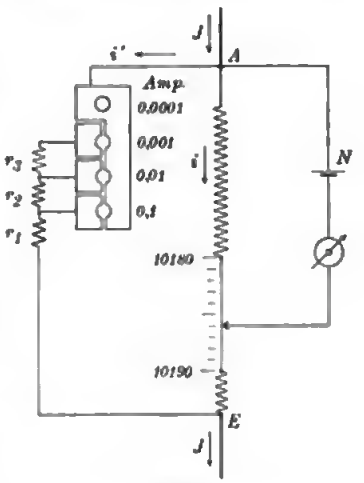


Fig. 1.

Das einfache Prinzip der Anordnung ist in Fig. 1 skizziert. Zwischen den Stromzuleitungspunkten A und E liegt zunächst ein Widerstand von 10200 Ohm. Der Hauptteil davon, etwa 10180 Ohm, ist auf eine Rolle gewickelt, ein Betrag von etwas über 10 Ohm bildet einen Schleifdraht und der Rest befindet sich wieder auf einer Rolle. Durch Einstellen des Schleifkontaktes nach der neben dem Draht befindlichen Skale läßt sich der zur Kompensation benutzte Abzweigwiderstand zwischen 10180 und 10190 beliebig wählen. Hat man z. B. ein Normal-Element von 1,0186 Volt an 10186 Ohm kompensiert, so fließt in dem Widerstand der Strom $i = 0{,}0001$ Ampere. Um nun die Ströme 0,001, 0,01 und 0,1 Ampere zu erhalten, kann man durch eine Stöpselanordnung einen Nebenschluß an die Punkte A und E legen, der genau $^1/_9$ bezw. $^1/_{99}$ oder $^1/_{999}$ des zwischen A und E liegenden Hauptwiderstandes von 10200 Ohm beträgt. Wenn die Kompensation hergestellt ist, fließt durch den Hauptwiderstand wieder der Strom 0,0001 Ampere, durch den Nebenschluß aber ein Strom, genau gleich $9\,i$ bezw. $99\,i$ oder $999\,i$, sodaß der Gesamtstrom $10\,i$ bezw. $100\,i$ oder $1000\,i$ wird. Die Werte der im Nebenschluß liegenden Widerstände r_1, r_2, r_3 sind durch folgende Bedingungen bestimmt:

$$r_1 = \frac{10200}{999}\ \text{Ohm};$$

$$r_1 + r_2 = \frac{10200}{99}\ \text{Ohm};\quad r_1 + r_2 + r_3 = \frac{10200}{9}\ \text{Ohm}.$$

Dies gibt

$$r_1 = 10{,}210;\quad r_2 = 92{,}820;\quad r_3 = 1030{,}30\ \text{Ohm}.$$

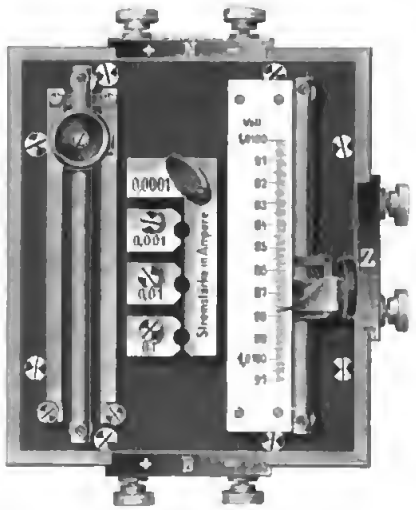


Fig. 2.

Fig. 2 ist nach einer Photographie des ausgeführten Apparates hergestellt. Für die vier Stromstärken gelten die entsprechend bezeichneten Stöpseleinstellungen. Rechts von der Stöpselanordnung befindet sich der auf einen Schieferzylinder gewickelte Schleifdraht mit der Skale. Links ist noch ein Gleitbandwiderstand von etwa 0,2 Ohm angebracht, der in der Schaltskizze Fig. 1 außerhalb der Punkte A und E liegt und als Vorschaltwiderstand zur Feinregulierung dient. Ein solcher Widerstand ist zweckmäßig, weil die gewöhnlich zur Regulierung benutzten Stöpselrheostaten mit ihrer kleinsten Stufe von 0,1 Ohm oft nicht ausreichen.

Digitized by Google

An die Klemmen N wird das Normal-Element gelegt. Die Klemmen Z führen zum Galvanometer oder zu den mit Z bezeichneten Klemmen des *a. a. O. S. 8* beschriebenen Kompensationsapparates. Der Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen B (ohne das Gleitband) beträgt bei den Stromstärken

0,0001	0,001	0,01	0,1 Ampere
10200	1020	102	10,2 Ohm.

Die Anwendung der hier beschriebenen Widerstandsanordnung kann sehr mannigfaltig sein.

1. Zunächst erlaubt sie, bequem und genau die Betriebsstromstärke für einen beliebigen Kompensationsapparat herzustellen.

2. In Verbindung mit einem Meß-Rheostaten kann die Anordnung zur Messung hoher Spannungen dienen. Man schließt die hohe Spannung durch den Rheostaten und den Apparat in Serie und stöpselt den Rheostaten, bis die Kompensation des Normalelementes erfolgt ist und damit eine runde Stromstärke, etwa 0,001 Ampere, anzeigt. Die Spannung ist dann gleich dieser Stromstärke, multipliziert mit dem Gesamtwiderstand, der aus dem im Rheostaten gestöpselten und dem Widerstand des Apparates (1020 Ohm bei 0,001 Ampere) besteht, wenn der innere Widerstand der Stromquelle vernachlässigt wird.

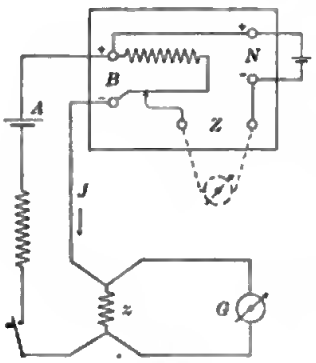


Fig. 3.

3. Der Apparat kann zur Vergleichung der elektromotorischen Kräfte verschiedener Kadmium-Normalelemente dienen und überhaupt einen Kompensationsapparat ersetzen bei der relativen Vergleichung mehrerer Spannungen, die sich um weniger als 0,1‰ voneinander unterscheiden.

4. Mit dem Apparat läßt sich eine beliebige Spannung herstellen, etwa zur Messung der Voltempfindlichkeit eines Galvanometers. Man legt in den Galvanometerkreis, dessen Voltempfindlichkeit gemessen werden soll, einen bekannten Widerstand z, der ständig darin bleibt und beim Niederdrücken eines Tasters zugleich in dem Stromkreis des Hülfsapparates liegt (Fig. 3). Stellt man nun den Hülfskreis für eine runde Stromstärke J ein, so wirkt das Niederdrücken des Tasters genau so, als ob in den Galvanometerkreis eine E.M.K. vom Betrage $z \cdot J$ eingeschaltet würde. Dabei braucht keineswegs der Widerstand z klein gegen den übrigen Widerstand im Galvanometerkreis zu sein[1]).

[1]) Dieser übrige Widerstand sei G. Der Zweigstrom, der das Galvanometer durchfließt, ist dann $i = \frac{z\,J}{G+z}$, d. h. er hat dieselbe Größe, als wenn die E.M.K. $z\,J$ in den Kreis vom Widerstand $G + z$ eingeschaltet wird. Die Eichung ist auch unabhängig davon, ob noch andere Ströme infolge anderer elektromotorischer Kräfte im Galvanometerkreis fließen, weil diese Ströme sich einfach superponieren. Nur muß dann der Widerstand des Hülfskreises groß gegen z sein, was wohl immer zutreffen wird. — In Fig. 3 sind der besseren Übersicht wegen zwei Galvanometer gezeichnet. Es ist wohl selbstverständlich, daß mit Hülfe eines Umschalters für die Kompensation des Normalelementes auch das zu messende Galvanometer benutzt werden kann.

Neuer Druckanemograph von Rohrdanz[1]).

Von

M. M. Rykatschew in St. Petersburg

Der Apparat beruht auf dem seit langem bekannten Prinzip, den Druck des Windes auf eine bewegliche (quadratische) Platte mit Hülfe einer besonderen Neigungs-Wage zu messen. Durch den Winddruck wird die Platte parallel zu sich selbst verschoben; diese Bewegung überträgt ein System von Hebeln und Stangen auf den Wagebalken und bringt ihn in eine andere Lage, die durch eine mit dem Wagebalken verbundene Schreibfeder auf einer durch ein Uhrwerk bewegten Trommel aufgezeichnet wird. Die so erhaltene Kurve stellt die Änderungen der absoluten Größe des auf die Platte ausgeübten Winddruckes für einen gewissen Zeitraum dar, sofern der Apparat vorher geeicht worden ist.

Für die Registrierung der Windrichtung hat K. K. Rohrdanz die Methode von Adie-Munroe benutzt.

Beschreibung des Druckanemographen.

In Fig. 1 ist der neue Druckanemograph in $^1/_8$ nat. Größe dargestellt; der Apparat besteht aus drei Teilen: dem Oberteile — der Windfahne, welche die dem Winde ausgesetzte Platte beständig gegen den Wind hält —, dem mittleren, verbindenden und dem unteren, registrierenden Teil. Als Stütze des Oberteils dient die Kappe A, die am Dache des Turmes des Zentral-Observatoriums befestigt und in die ein Rohr BB eingesetzt ist; an seinem oberen Ende befindet sich eine Rinne mit kleinen Kugeln, auf welchen sich die Windfahne des Apparates dreht.

Der Oberteil. An einer gewöhnlichen Windfahne ist eine Stütze C mit dem horizontalen Arm D befestigt, der mit Ansätzen E und F versehen ist. Der horizontale Stab G kann sich frei zwischen den Rollen aa' und bb' bewegen, die in vertikale Einschnitte der Ansätze E und F eingesetzt sind. Am linken Ende des Stabes G, das von der Windfahne immer dem Winde zugewendet wird, ist eine vertikale Platte H von 20×20 *cm* Fläche befestigt; 14,5 *cm* von dem rechten Ende von G hängt ein Gewicht P_1 an einer Saite c, die über die Rolle I von D hinweggeht und an G befestigt ist.

Der Wind wirkt auf die Platte H und bewegt den Stab G. Diese Bewegung wird mittels eines Systems von Hebeln K und L auf die Stange M übertragen, die mit dem rechten Arm N der Wage in Verbindung steht.

Der Hebel K ist an G in folgender Weise befestigt: das obere Ende des Hebels ist mittels des Scharniers d mit dem Gliede dd' verbunden, das seinerseits durch das Scharnier d' mit G in Verbindung steht. Diese Anordnung ist getroffen worden, um eine zwangfreie Bewegung des ganzen Mechanismus bis zu dem maximalen von dem Apparat angezeigten Winddruck zu erzielen. Das System der Hebel K und L sichert nämlich eine *horizontale* Bewegung der beiden Scharniere d und d' nur bis zu einem bestimmten Betrage des Winddrucks; bei noch stärkerem Wind hebt sich das Scharnier d ein wenig. Der Hebel L ist durch ein einfaches Scharnier mit der Stütze C und der Mitte von K verbunden.

Es ist aus dem vorstehenden ersichtlich, daß eine Zunahme des Druckes auf die Platte H sich im Heben der Stange M und eine Verminderung im Senken derselben unter dem Einflusse der Belastung der Wage äußert. Das System der Hebel K und L

[1]) Vom Hrn. Verf. eingesandte (gekürzte) Übersetzung der russischen Originalabhandlung (*Bulletin de l'Academie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg Nr. 14. 1907*).

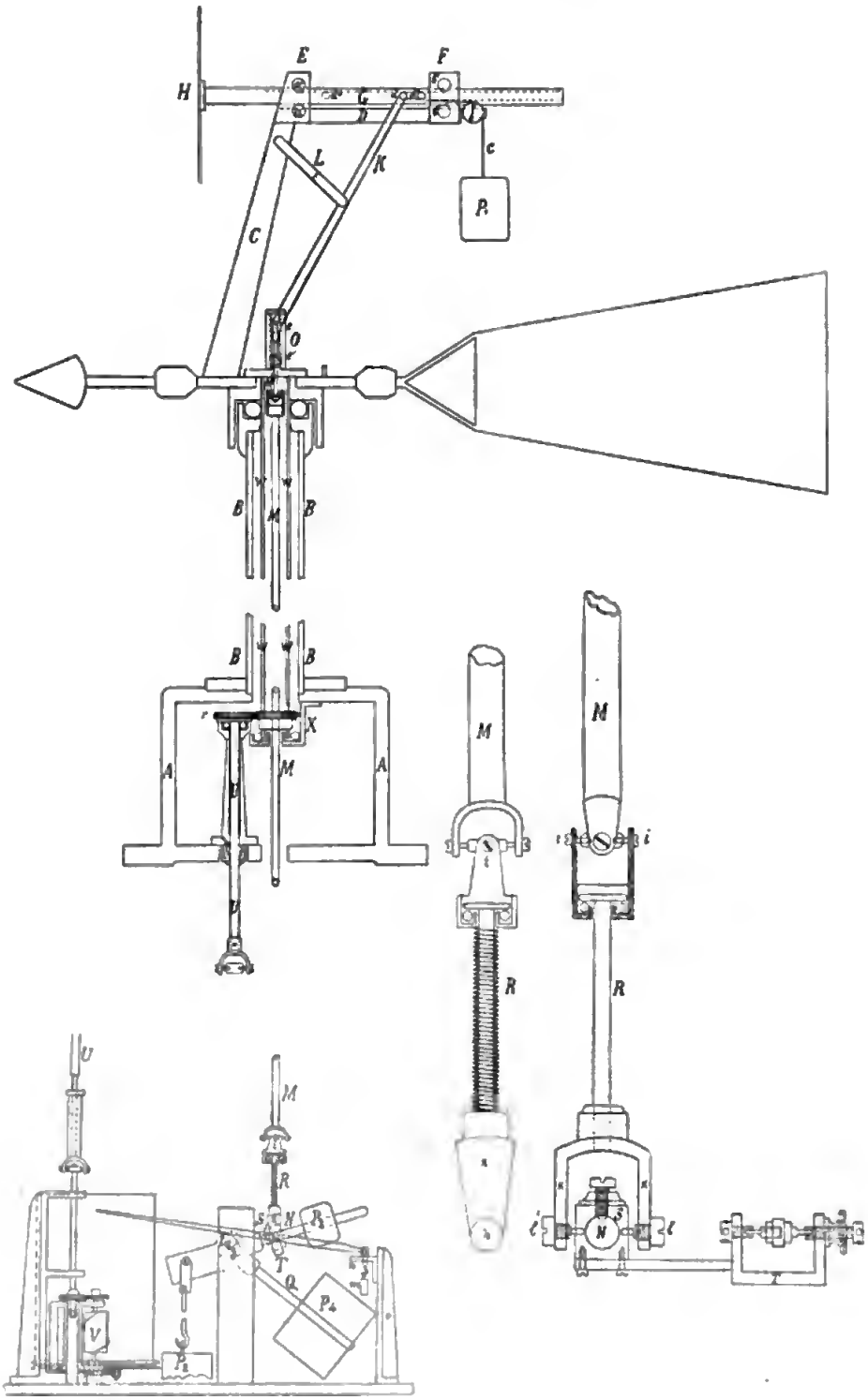


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

ist so gewählt, daß die Bewegung der Stange M nach oben oder nach unten in gerader Linie stattfindet, und zwar bewegt sich M mit der Rolle e längs den vertikalen Schienen O. Fig. 1 stellt den Apparat in derjenigen Stellung dar, die dem größten Winddruck entspricht, den er anzeigen kann. Die dieser Stellung entsprechende Lage der Rolle von M ist mit e bezeichnet. Bei Windstille (Null-Lage des Apparats) stehen das Scharnier und die Rolle bei d'' und e'.

Das Gewicht P_1 bestimmt die Null-Lage des ganzen Systems (des horizontalen Stabes G, der Hebel K und L, der Stange M). Wenn P_1 nicht vorhanden wäre, würde der Hebel K nahezu vertikal gerichtet sein, wobei die Empfindlichkeit des Apparates zu klein würde. Durch P_1 wird der Stab G so weit nach rechts gezogen, daß der Winkel zwischen G und K einem rechten Winkel nicht zu nahe kommt.

Der registrierende Teil des Apparates (vgl. Fig. 1 und 4) besteht aus der von einem Uhrwerk in Bewegung gesetzten Trommel, der Wage mit der die Kurve aufzeichnenden Feder und einer besonderen Einrichtung zur Registrierung der Windrichtung.

Der Wagebalken ruht auf der Prismenschneide f in der Pfanne g; dort ist unter einem bestimmten Winkel die Stange Q befestigt. Am linken Arm der Wage hängt in einer Entfernung von 5 *cm* von f das Gewicht P_2. Auf den rechten Arm und auf die Stange Q sind entsprechende Gewichte P_3 und P_4 verschiebbar und festklemmbar aufgesetzt, sodaß die Empfindlichkeit des Apparats geändert werden kann. M ist mittels der kleinen Stange R und der Muffe S mit dem rechten Arm N der Wage im Punkte h, 5 *cm* von f, verbunden. Bei Windstille, wenn also kein Druck auf die Platte H ausgeübt wird, setzt sich das Gewicht P_2 ins Gleichgewicht mit den Gewichten P_3 und P_4. Bei Winddruck, welcher ein Heben der Stange M, des rechten Arms N und der Stange Q mit den Gewichten P_3 und P_4 zur Folge hat, verändert sich die Wirkung der Gewichte P_2 und P_3 im gleichen Verhältnis; die Wirkung des Gewichtes P_4 wird beim Heben von Q vergrößert; dem größeren Drehmoment von P_4 wird durch den Zug der Stange M das Gleichgewicht gehalten. In den Fig. 2 und 3 ist die kleine Stange R in $^1/_2$ nat. Größe dargestellt, und zwar in der Ebene der Fig. 1 und in der dazu senkrechten Ebene. An der Verbindungsstelle von R mit M dreht sich R mittels eines Hookeschen Gelenks frei um eine horizontale Achse i, die auf der Ebene von Fig. 1 und 2 senkrecht steht. Aus Fig. 3 geht hervor, daß R mit einer Gabel k versehen ist, an deren beiden Enden die Stiftschrauben l und l' in gleicher Höhe befestigt sind und in Löcher der Muffe S eingreifen. Die Muffe S kann dem Arm N entlang versetzt und festgeschraubt werden.

Die Bewegungen des Armes N werden von der Schreibfeder auf dem Papier der Schreibtrommel registriert. Die Schreibfeder ist auf die horizontale Achse der Gabel T (Fig. 3) gesetzt, welche an der Muffe S befestigt ist. Um eine geradlinige Verschiebung der Feder zu erreichen, ist ihr entgegengesetztes Ende mit einem Röllchen versehen, welches durch das Gewicht m (Fig. 1) immer auf der horizontalen Platte n gehalten wird, die ihrerseits an der Stütze o befestigt ist. Bei den Bewegungen des Armes N wird somit das rechte Ende der Feder mit dem Röllchen auf der Platte n ein wenig verschoben. In dieser Weise ist es gelungen, eine *geradlinige* Bewegung der Feder für die ganze Höhe der Skale (9,2 *cm*) zu erhalten.

Die Einrichtung für die Registrierung der Windrichtung beruht, wie bereits erwähnt, auf derselben Grundlage wie beim Anemographen von Adie-Munroe. Die Drehung der Stange U (vgl. Fig. 1 und 4), die mit der Windfahne verbunden ist, wird mittels Zahnräder auf eine aus Messingblech gefertigte Trommel V, die eine erhabene Schraubenlinie hat, übertragen. Beim Drehen der Trommel V registriert die Schraubenlinie auf dem Papier der großen Trommel die Kurve der Windrichtung.

Der mittlere, verbindende Teil des Apparates ist bestimmt, die Windfahne zu stützen und ihre Drehungen auf den registrierenden Teil nach unten zu übertragen. Das Rohr *w w* ist an der Windfahne befestigt und dreht sich mit derselben auf den kleinen Kugeln der runden Rinne, die an dem oberen Ende des Rohrs *B B* angebracht ist; *B B* ist mit der Kappe *A* verbunden. Um die vertikale Lage von *w w* zu sichern, gleitet ihr unteres, offenes Ende mit der äußeren Seite zwischen den kleinen Kugeln der Rinne der Stütze *X*, die ebenfalls an der Kappe *A* befestigt ist; infolge dieser Anordnung dreht sich das Rohr *w w* innerhalb *B B* mit sehr kleiner Reibung. Diese

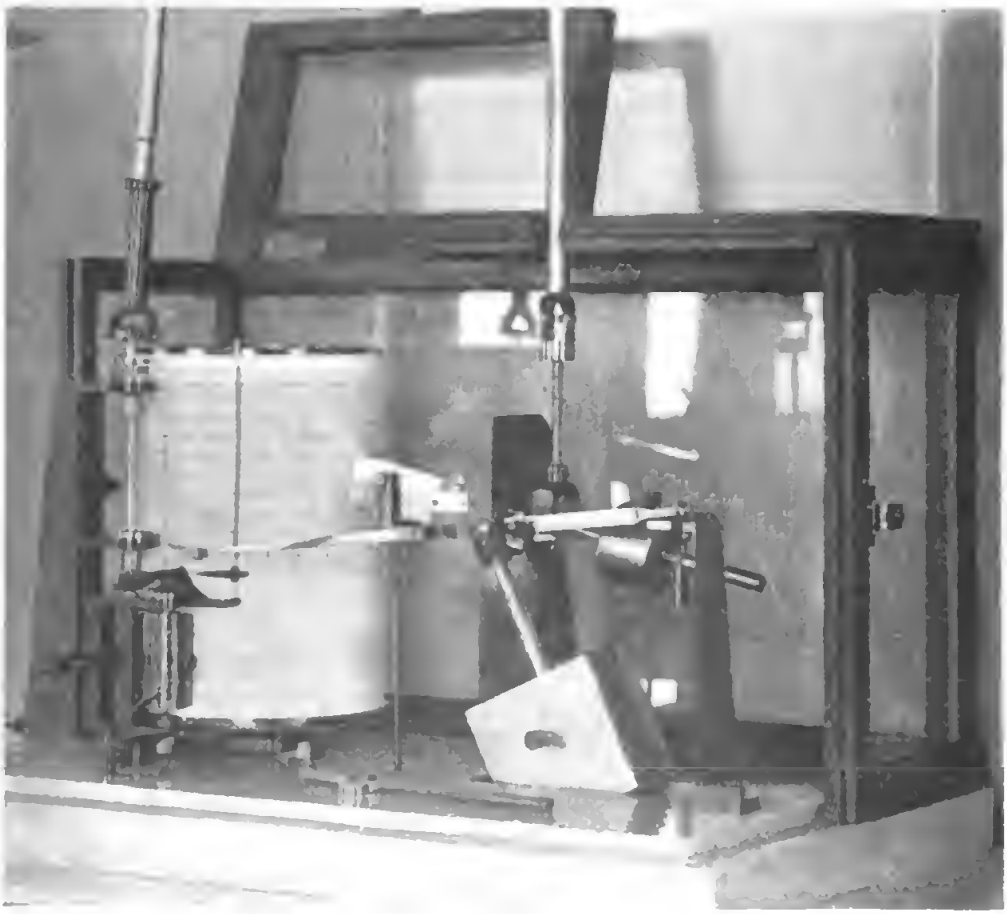


Fig. 4.

Drehung wird mittels der Zahnräder *p* und *r* auf die Stange *U* übertragen, die auf Kugeln ruht und ihrerseits unter Zwischenschaltung von Hookeschen Gelenken die Trommel *V* in Bewegung setzt.

Aus Fig. 1 ist zu ersehen, daß die Stange *M* nicht direkt, sondern mittels eines Stäbchens *M'* mit dem Hebel *K* verbunden ist. Die Stange *M* hängt auf den Kugeln der horizontalen Platte, die an dem unteren Ende von *M'* befestigt ist. Diese Einrichtung ist nötig, um die Drehungen der Windfahne nebst dem Hebelsystem *K* und *L* nicht auf die Stange *M* zu übertragen. Eine gleichartige Drehung auf Kugeln ist zur Sicherheit auch bei der kleinen Stange *R* angewendet worden, wie aus den Fig. 2 und 3 hervorgeht.

Die Eichung des Apparates.

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß die Skale des Apparates bestimmt wird durch die gegenseitige Lage der Hebel K, L und des Stabes G, die durch den Winkel φ (Fig. 5) gegeben ist, und durch die Bewegung des Punktes h, des Befestigungspunktes der Stange R am Arm N des Wagebalkens; diese Bewegung findet längs des Bogens eines Kreises von 5 *cm* Radius statt.

Die ursprüngliche Skale, in welcher die Registrierungen ausgeführt wurden, war von Hrn. E. H. Rosenthal in folgender Weise bestimmt worden, noch ehe der Apparat aufgestellt war. Statt des Gewichtes P_2 war eine Schale angehängt worden, die mit Gewichten belastet wurde, bis sie ebensoviel wog wie P_2, also die Schreibfeder dieselbe Stellung hatte, als wenn sich P_2 an seinem Platze befand. Diese Stellung der Feder entspricht der Null-Lage. Dann vergrößerte man allmählich die Belastung der Schale um je 100 *g*, wobei jedesmal die Stellung der Feder angemerkt wurde. Die größte Belastung betrug 4,5 *kg*; so ergab sich die Skale der Ordinaten, während die Abszissenachse die äquidistante Zeitskale darstellt, wobei 2,9 *mm* einem Zeitraume von 10 Minuten entsprechen.

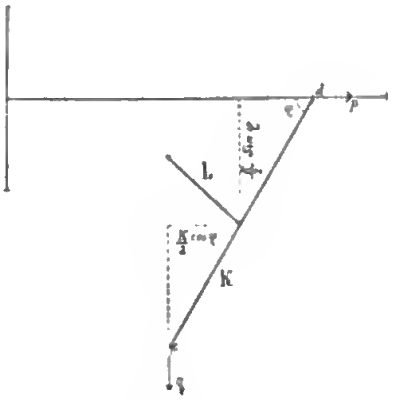


Fig. 5.

Bei dieser Eichung war der registrierende Teil des Apparates von dem oberen Teile der Windfahne getrennt, sodaß der Einfluß der Hebel K und L beseitigt war. Die so bestimmte Skale ist nicht ganz gleichmäßig infolge der Bewegung des Punktes h längs eines Kreisbogens. Wie diese Skale bei der Bearbeitung der Registrierungen benutzt wurde, geht aus dem folgenden hervor; sie soll Belastungs-Skale genannt werden.

Der Übergang von der Belastungs-Skale zur Skale des Winddrucks wurde erst im Frühjahr 1907, 3 bis 4 Monate nach der Aufstellung des Apparates, durch Messungen am 4. IV. und 10. V. vorgenommen. Beide Messungsreihen gaben für die Winddruck-Skale fast das gleiche Resultat. Es ist ganz einerlei, ob man den Druck unmittelbar auf die Platte H ausübt, oder ob man diesen Druck durch Gewichte ersetzt, die man auf eine angehängte Schale legt, deren Gewicht dem von P_1 gleichkommt. Die auf solche Weise erhaltene Null-Linie, die dem Winddruck Null entspricht, ist natürlich dieselbe wie bei der Belastungs-Skale. Dann legte man allmählich Gewichte auf der Schale zu, bei der ersten Reihe am 4. April in Stufen von 500 *g*, bei der zweiten Reihe vom 10. Mai in Stufen von 50 *g* bis zu 250 *g*, darauf einmal 250 *g* und dann weiter in Stufen von 500 *g* bis zur größten Belastung, welche man dem Apparat zumuten konnte, von 3,5 *kg*. Darauf wurden die Gewichte in umgekehrter Reihenfolge von der Schale bis zur Null-Lage abgenommen, ohne daß sich Abweichungen derselben ergaben. Beidemal wurde diese Eichung zweimal wiederholt. Die Abweichung der Einstellungen war bei gleichen Gewichten beim Entlasten und Belasten nur gering; ausnahmsweise kamen Fälle vor, wo die Differenz einen halben Teilstrich der Belastungs-Skale (1 Teilstrich = 0,1 *kg*) erreichte; in den meisten Fällen betrug dieselbe nur 0,2 bis 0,3 Teilstriche. Die Mittelwerte aus beiden Reihen sind in der nachstehenden Tabelle gegeben. In der ersten Spalte ist das Gewicht aufgeführt, welches dem Winddruck auf die Platte H entspricht; die zweite Spalte enthält die entsprechenden Ablesungen an der ursprünglichen Belastungs-Skale.

Digitized by Google

Tabelle.

Winddruck-Skale (Messungen vom 4. IV. u. 10. V. 1907) kg	Zugehörige Ablesung an der Belastungs-Skale kg	Winkel φ	tg φ	Produkt der Zahlen der Spalten 1 u. 4
1	2	3	4	5
0,05	0,10	63° 24'	1 997	0,10
0,10	0,20	63 3	1,967	0,20
0,15	0,29	62 40	1,935	0,29
0,20	0,38	62 17	1,903	0,38
0,25	0,47	61 53	1,872	0,47
0,50	0,89	60 17	1,752	0,88
1,00	1,63	57 55	1,595	1,60
1,50	2,27	55 49	1,472	2,21
2,00	2,85	54 14	1,388	2,78
2,50	3,38	52 51	1,320	3,30
3,00	3,87	51 33	1,259	3,78
3,50	4,30	50 32	1,215	4,25

Aus der Tabelle geht hervor, daß durch die Hebei K und L in jedem gegebenen Moment ein kieineres Gewicht (der Winddruck anf die Platte H) von einem größeren, welches auf die Wage gelegt ist, im Gieichgewichte gehaiten wird. Wie Fig. 5 zeigt, wirken anf die Punkte c und d zwei Kräfte p und q, die von dem entsprechenden Winddruck und der Beiastnng der Wage abhängen, und die ais Drehnngs-Zentrum den Verbindungspunkt der Hebel K und L haben. Diese Kräfte befinden sich immer im Gieichgewicht; foiglich ist $p \cdot \frac{K}{2} \cdot \sin\varphi = q \cdot \frac{K}{2} \cdot \cos\varphi$, da der Drehungs-Punkt der beiden Kräfte sich in der Mitte des Heheis K befindet. Demnach ist $q = p \cdot \mathrm{tg}\,\varphi$.

Bei der Reihe vom 10. Mai wurde durch Messung der Verschiebung des Stabes G in ieicht ersichtiicher Weise die Größe der Winkei φ entsprechend den einzelnen Belastungen berechnet. Die Winkel sind in der dritten und ihre Tangenten in der vierten Spalte der Tabeile aufgeführt. In der fünften Spalte finden sich die Prodnkte aus den Zahien der ersten und vierten Spaite; fast aiie Zahien der fünften Spaite sind zwar etwas kieiner, ais die der zweiten, doch ist der Unterschied nur gering. Die größte Differenz beträgt 0,09 kg für einen Winddrnck von 3 kg, was ungefähr 2 % der ganzen Größe der Belastung entspricht.

Der neue Anemograph wurde auf dem Turme des Zentrai-Observatoriums Ende November 1906 ungefähr 30 m über der Erde aufgesteiit. Der registrierende Teii hefindet sich im Innern des Turmes, nnd zwar im zweiten Stock desselben. Für die Untersuchung des Apparates wurden die Registrierungen vom 13. XII. 1906 bis zum 20. III. 1907 benutzt.

In der Originaiabhandlung sind zwei registrierte Kurven des Winddrucks in natüriicher Größe mitgeteiit; die eine Kurve ist bei der gewöhniichen Geschwindigkeit der Trommei registriert (eine Umdrehung in 24 Stunden); die andere Kurve wurde bei vergrößerter Geschwindigkeit aufgezeichnet, wobei eine voiie Umdrehung der Trommei in zwei Stnnden stattfand.

Beziehung zwischen Winddruck und Windgeschwindigkeit.

Auf demseiben Turm, wo sich der neue Druckanemograph hefand, war auch ein Anemograph zur Messung der Windgeschwindigkeit nach Freiberg-Richard

aufgestellt. Es war von Interesse, mit Hülfe dieser beiden Instrumente die allgemein angenommene Beziehung $p = k\,s\,v^2$ zu prüfen, worin p den Winddruck in kg/qm, s die vom Wind senkrecht getroffene Fläche in qm, v die Windgeschwindigkeit in m/Sek. und k einen Zahlenkoeffizienten bedeutet.

Zu diesem Zweck wurden Tag für Tag die Mittelwerte der Windgeschwindigkeit für einen Zeitraum von 10 Minuten mit den Mittelwerten der Angaben des Druckanemographen für denselben Zeitraum verglichen. Die so erhaltenen Zahlen wurden in eine Tabelle eingeordnet, deren einer Eingang die Windgeschwindigkeit war, steigend in Stufen von etwa 0,5 m/Sek. Ausgeschlossen wurden die Fälle, in welchen der mittlere Druck für 10 Minuten sich nicht einwandfrei bestimmen ließ, ferner die Tage mit schwachem Wind. Aus dem großen Zahlenmaterial, das sich so ergab, wurden die Mittelwerte der bei einer und derselben Windgeschwindigkeit beobachteten Windrucke gebildet. Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse.

Wind-geschwindigkeit in m/Sek.	$k\,s = \frac{p}{v^2}$	Wind-geschwindigkeit in m/Sek.	$k\,s = \frac{p}{v^2}$
4,2	0,0045	9,3	0,0031
4,7	45	9,7	33
5,2	41	10,2	33
5,8	36	10,7	32
6,3	33	11,1	33
6,8	30	11,6	34
7,3	32	12,0	35
7,8	33	12,5	36
8,3	32	12,9	37
8,8	32		

Außer den beiden ersten, für schwache Winde geltenden Zahlen stimmen die übrigen Werte für $k\,s$ gut überein; nur bei großen Windgeschwindigkeiten scheint wieder ein geringes Ansteigen der Größe $k\,s$ stattzufinden. Als Gesamtmittel aller Zahlen ergibt sich 0,0035. Bei dem Druckanemographen von Rohrdanz ist die Fläche $s = 0{,}0400\ qm$. Der Winddruck p auf eine Fläche von 1 qm bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/Sek. ist also

$$p = 0{,}088\ kg,$$

und zwar gilt dies für eine mittlere Temperatur von $-8{,}5^0$ und einen mittleren Druck von 760,5 mm. Diese Zahl stimmt befriedigend mit den Messungen von Hagen, Dines, Langley u. A. Es ist also möglich, aus den Registrierungen des Anemographen einen ziemlich zuverlässigen Wert für den Koeffizienten k abzuleiten.

Aus dem vorstehenden läßt sich der Schluß ziehen, daß der Druckanemograph von Rohrdanz nicht nur eine zuverlässige Registrierung des Winddrucks liefert, sondern mit besonderen Hülfseinrichtungen vielleicht auch zu Versuchen über den Luftwiderstand dienen könnte.

Zum Schlusse danke ich Hrn. J. B. Schukewitsch für seinen Rat und die mir gewährte Hülfe und Hrn. K. K. Rohrdanz für die Bereitwilligkeit, mit der er mir bei dieser Arbeit stets geholfen hat.

Referate.

Über den Vergleich zwischen mehreren Gleichungen eines Maßstabes.

Von R. Schumann. *Zeitschr. f. Vermess. 36. S. 369. 1907.*

Wenn für einen Maßstab verschiedene Gleichungen ermittelt worden sind, besonders mit Zugrundlegung von Vergleichungen aus verschiedenen Temperaturintervallen, und wenn die Gleichungen verschiedene Form haben, z. B. die eine in t linear, die andere vom zweiten Grad in t ist, so sind die Koeffizienten der zwei Gleichungen, z. B. im angeführten Falle die Koeffizienten von t, nicht ohne weiteres vergleichbar. In der Form $\alpha + \beta t$ ist β ein mittlerer Ausdehnungskoeffizient für das Gebiet $(t_2 - t_1)$, wenn die der Stahlgleichung zugrund liegenden Vergleichungen innerhalb dieses Temperaturintervalls gemacht werden sind; ist aber dann z. B. auf Grund von Vergleichungen in dem Temperaturgebiet $(T_2 - T_1)$, wo $T_2 > t_2$ und $T_1 < t_1$ ist, etwa die Form $a + b t + c t^2$ für die Maßstahgleichung ermittelt, so ist b nicht ein durchschnittlicher Ausdehnungskoeffizient für dieses größere Gebiet, sondern gilt für die Umgebung der (möglicherweise weit außerhalb der Vergleichungstemperaturen liegenden) Stelle $t = 0$, ist also mit β nicht vergleichbar. Der Verf. untersucht nun, wie man in solchen Fällen zu vergleichbaren Zahlen kommen kann. Sind

$$y = a + b t + c t^2 \qquad \text{und} \qquad y' = a' + b' t$$

die zwei verliegenden Gleichungen, also Parabel II. O. und Gerade als die Beobachtungen ausgleichende Linien genommen, so kann man für die Aufgabe, innerhalb des Intervalls $(t_2 - t_1)$ dem Parabelbogen eine möglichst eng anschließende Gerade anzupassen, *entweder* die Forderung aufstellen

$$\int_{t_1}^{t_2} (y' - y)^2 \, dt = \text{Min.}\,(a'\, b'),$$

was dem Grundsatz der *Methode der kleinsten Quadrate* entspricht, und womit man sehr leicht erhält

$$a' - a = -\frac{c}{6}\left\{(t_2 + t_1)^2 + 2 t_1 t_2\right\}, \qquad b' - b = c\,(t_2 + t_1), \qquad 1)$$

sodaß aus a, b, c die Werte a', b' sehr einfach zu berechnen sind, die mit den Koeffizienten der linearen Form ohne weiteres vergleichbar sind; *oder* man kann fordern, daß das *Flächenstück* zwischen Parabel und Geraden möglichst klein werden soll. Ist die gesuchte Gerade

$$y'' = a'' + b'' t,$$

und sind a_1 und a_2 die Abszissen ihrer Durchschnittspunkte mit der Parabel, sodaß also

$$(a'' - a) + (b'' - b)\, a_1 - c \cdot a_1^2 = 0$$

und

$$(a'' - a) + (b'' - b)\, a_2 - c \cdot a_2^2 = 0$$

ist, so lautet die angeführte Forderung

$$\int_{t_1}^{a_1} (y'' - y)\, dt - \int_{a_1}^{a_2} (y'' - y)\, dt + \int_{a_2}^{t_2} (y'' - y)\, dt = \text{Min.}\,(a''\, b'');$$

hieraus ergibt sich durch Variation nach a'' und b''

$$a'' - a = -\frac{c}{16}\left\{3\,(t_2 + t_1)^2 + 4 t_1 t_2)\right\}, \qquad b'' - b = c\,(t_2 + t_1) \qquad 2)$$

Die Vergleichung der Gl. 1) und 2) zeigt, daß bei beiden Arten der Rechnung der Geraden die Koeffizienten b' und b'' übereinstimmen, d. h. die Geraden parallel sind, während a' und a'' nur um den Betrag $\frac{c}{48}(t_2 - t_1)^2$ sich unterscheiden. Aus der Gleichung $y = a + b t + c t^2$ folgt ferner als Ausdehnungskoeffizient für die Stelle t der Betrag $\frac{dy}{dt} = b + 2 c \cdot t$, übereinstimmend mit dem nach Gl. 1) und 2) für $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ sich ergebenden Werte.

Der Verf. untersucht ferner noch die Vergleichung zweier *dreigliedriger* Ausdrücke $y = a + b t + c t^2$ und $y' = a' + b' t + c' t^2$, wobei die Sache weniger einfach wird, und wendet schließlich die verstehenden Gl. 1) und 2) auf zwei Zahlenbeispiele an. *Hammer.*

Digitized by Google

Die neueren Bestimmungen des Volumens eines Kilogramm Wasser.

Von R. Benoit. *Compt. rend.* **145.** *S. 1385. 1907.*

Bestimmung des Volumens eines Kilogramm Wasser.

Von P. Chappuis. *Trav. et Mém. du Bureau Intern. des Poids et Mesures* **14.** *1907. 167 S.*

An der Bestimmung des Verhältnisses des Kilogramm zu seinem Definitionswert hat das internationale Maß- und Gewichtsbureau einen hervorragenden Anteil genommen. Nachdem nunmehr die dortigen Versuche zu einem gewissen Abschluß gelangt sind, gibt der Direktor des Bureaus, Benott, einen kurzen Überblick über die bisherigen Ergebnisse.

Die Methode dieser Bestimmungen besteht bekanntlich darin, daß der Inhalt eines regelmäßig gestalteten Körpers durch lineare Ausmessung in Kubikzentimeter ausgedrückt, ferner aber durch hydrostatische Wägungen in der dem Kubikzentimeter entsprechenden und nahe gleichen Einheit des Milliliter dargestellt wird. Aus beiden Zahlen folgt das gesuchte Verhältnis.

Die zweite Art der Darstellung des Inhalts in Milliliter bietet keine Schwierigkeit und kann auf einer mäßig guten Wage mit hinreichender Genauigkeit ausgeführt werden. Anders die lineare Ausmessung des Körpers; hier sind sehr subtile Messungsmethoden anzuwenden, um ein nur einigermaßen brauchbares Resultat zu erhalten. Im internationalen Maß- und Gewichtsbureau sind drei Methoden angewendet worden.

Guillaume verwandte im Jahre 1898 die ursprüngliche „Kontaktmethode" von Lefèvre-Gineau, dem Schöpfer des Kilogramm, indem er alle neueren Verbesserungen der Metrologie auf die Methode anwandte. Er benutzte drei Bronzezylinder, deren Höhe bei jedem mit dem Durchmesser nahe übereinstimmte und bezw. etwa 10; 12 und 14 *cm* betrug, und bestimmte deren Linearabmessungen durch sorgfältige Beobachtungen auf dem Komparator in derselben Weise, wie man die Längen von Endmaßstäben ermittelt. Auf diese Weise fand Guillaume

	Volumen eines *kg* Wasser	
Zylinder Nr. 1	1,0000251 *cdm*	Mittel: 1,000029 *cdm*.
„ „ 2	1,0000345 „	
„ „ 3	1,0000328 „	

Die zweite Methode der Linearausmessung, auf Würfel aus Crownglas von 4; 5 und 6 *cm* Kantenlänge angewendet, wurde von Chappuis eingeschlagen; eine eingehende Beschreibung der Methode und ihrer Ergebnisse ist kürzlich *a. a. O.* erschienen. Sie knüpft an die bekannten Versuche Michelsons an, welche ebenfalls im internationalen Maß- und Gewichtsbureau ausgeführt wurden und die Ausmessung des Meters in Lichtwellenlängen bezweckten (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 293. 1902*). Der auszumessende Würfel liegt hier auf einer ebenen Spiegelglasplatte, welche seitlich über ihn hinwegragt. Die obere Fläche der Spiegelglasplatte und die abgewandte (obere) Würfelfläche stellen dann, wenn sie einander vollkommen parallel sind, ein Gebilde dar, welches den von Michelson benutzten Längenetalons entspricht; ihre Entfernung läßt sich also nach den von Michelson angegebenen Messungsmethoden bestimmen. Die Würfelhöhe ist gleich dieser Entfernung, vermindert um die geringe Dicke der Luftschicht, welche sich noch zwischen der Spiegelglasplatte und der aufliegenden Würfelfläche befindet. Diese Dicke wird schließlich mit Hülfe Fizeauscher Interferenzen bestimmt. Die gefundenen Zahlenwerte sind hierunter nach Chappuis' eigener Veröffentlichung mitgeteilt; gegen die Benoîtschen Angaben bestehen kleine Differenzen.

Der Mittelwert beträgt, je nachdem man allen Zahlen das gleiche Gewicht erteilt oder das Gewicht proportional dem Volumen der einzelnen Würfel annimmt, 1,0000259 oder 1,0000264 *cdm*, in jedem Falle aber abgerundet 1,000026 *cdm*.

Würfel mit der Kantenlänge von	Volumen eines *kg* Wasser
4 *cm*	1,0000287 *cdm*
5 „ { 1. Messung . . .	1,0000211 „
5 „ { 2. „ . . .	1,0000216 „
5 „ nen bearbeitet . . .	1,0000269 „
6 „	1,0000304 „
5 „ (Probewürfel) . . .	1,0000269 „

Über die nach der Methode von Macé de Lépinay gemeinsam von diesem mit Buisson und Benoît angestellten neueren Versuche ist in *dieser Zeitschr. 26. S. 200. 1906* eingehend berichtet worden. Es mag darum hier genügen, die endgültigen, an Quarzwürfeln von 4 und 5 *cm* Kantenlänge gefundenen Werte mitzuteilen.

	Volumen eines *kg* Wasser
Quarzwürfel Nr. 1 . . .	1,0000280 *cdm*
„ „ 2 . . .	1,0000259 „

Als Mittelwert dieser letzten Bestimmungen nimmt Benoît 1,000028 an. Dieselbe Zahl bezeichnet er als Generalmittel aller drei Untersuchungen; das Volumen von 1 *kg* reinen Wassers im Maximum der Dichte und unter 760 *mm* Druck beträgt demnach 1,000028 *cdm* mit einem wahrscheinlichen Fehler von 1 bis 2 Einheiten der letzten angegebenen Ziffer. Mit anderen Worten, das Kilogramm ist die Masse eines Würfels reinen Wassers im Zustande größter Dichte, dessen Kantenlänge 1,000009 *dm* beträgt. *Schl.*

Die Umwandlungstemperatur des Manganchlorürs.

Von Th. W. Richards und Fr. Wrede. *Zeitschr. f. physikal. Chem. 61. S. 313. 1907.*

Im Anschluß an frühere Arbeiten von Richards, in denen die Brauchbarkeit der Umwandlungstemperaturen kristallisierter Salze als thermometrischer Fixpunkte erwiesen wurde, ist in der vorliegenden Arbeit die Verwendung des Manganchlorürs für diesen Zweck genauer untersucht. Es ergibt sich, daß die Umwandlung $MnCl_2 \cdot 4H_2O \rightleftarrows MnCl_2 \cdot 2H_2O + 2H_2O$ bei der Temperatur 58,089° ± 0,005° der internationalen Wasserstoffskale erfolgt und sich zur Fixierung dieses Punktes wegen der hinreichenden Konstanz während des Überganges und der verhältnismäßig leichten Reindarstellung des Salzes gut eignet. Das Ergebnis ist in der Weise gewonnen worden, daß die Umwandlungstemperatur an drei Präzisionsthermometern beobachtet wurde, von denen zwei, ein Beckmannsches und ein Stahthermometer, unmittelbar an die Skale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angeschlossen wurden. Die Bestimmung geschah in einem besonderen Thermostaten, bei dessen Konstruktion Gewicht auf die Vermeidung der Fadenkorrektion gelegt war; indessen sei hier betont, daß ein sinngemäß geänderter Beckmannscher Gefrierapparat für die meisten Zwecke ausreichen wird. Größere Schwierigkeit dürfte im allgemeinen die Reinigung des Salzes machen. Die Verf. stellen das Salz auf zwei verschiedenen Wegen dar: eine Probe wird aus dem Chlorür selbst durch wiederholtes (mindestens viermaliges) Umkristallisieren gewonnen, eine andere aus dem umkristallisierten Nitrat, das zuerst in Karbonat und dann in Chlorür übergeführt wird. Beide Wege führen zu demselben Endprodukte, sodaß die Methode des Umkristallisierens als ausreichend angesehen werden kann. *Hffm.*

Chrystals neue selbstregistrierende Limnimeter.

Von G. Chrystal und J. Murray. *Trans. Roy. Soc. Edinb. 45. S. 361. 1906.*

Durch die schottische *Lake Survey* wurde eine Untersuchung der *Seiches* des Earn-Sees veranlaßt, über die in zitierter Abhandlung berichtet wird und in der Chrystals neue Limnimeter beschrieben sind. Zunächst wurden zwei Sarasinsche selbstregistrierende

Limnimeter von der in *dieser Zeitschr. 21. S. 193. 1901* von H. Ebert beschriebenen Konstruktion verwendet. Diese von Ed. Sarasin auf Grund seiner reichen Erfahrungen auf dem Gebiete der *Seiches*-Forschung konstruierten Apparate waren mehr für eine Anfstellung auf Steinmauern oder in festgebauten Badehäusern bestimmt, wie sie an den dichtbewohnten Ufern der Schweizer Seen überall zu finden waren. Die Empfindlichkeit derselben war vollständig hinreichend für die Schwingungsamplituden so großer Seen, die 1 *cm* fast immer übersteigen. Bei den in neuester Zeit untersuchten, viel kleineren Seen dagegen betragen die regelmäßigen Amplituden nur 1 bis 2 *mm*, und die Apparate müssen auf eigens geschlagenen Pfählen aufgestellt werden, wo jederzeit Verschiebungen zwischen dem in der Sarasinschen Anordnung getrennten Pegel- und Registrier-Apparat verkommen, die den verhandenen toten Gang von 1 bis 2 *mm* so vergrößern, daß die Schwankungen kleiner Seen überhaupt nicht mehr verzeichnet werden.

Fig. 1.

Chrystal ersann daher zu den Untersuchungen am Earn-See ein neues Instrument, das nicht nur diesen Mängeln abhalf, sondern auch bedeutend einfacher wurde und außerdem eine vorteilhaftere Anordnung des Schreibstiftes erhielt. Fig. 1 stellt eine Gesamtansicht dar. Der Schwimmer *S* hängt mittels eines Stahlbandes *b* über zwei Gleitrollen *r* (die hintere nicht sichtbar); das Band wird durch ein Gegengewicht *g* gespannt. An dem horizontalen Teile des Stahlbandes ist ein kleiner Wagen *w* befestigt (ähnlich dem in Fig. 2 abgebildeten), der einerseits auf zwei Nuten-Rädchen auf einer kantigen Schiene und andererseits auf einer Rolle mit flachem Rande auf einer ebensolchen Schiene läuft. Dieser Wagen *w* trägt den Schreibstift *t*, der sich um eine horizontale Achse drehen kann und schief auf dem Papier liegt.

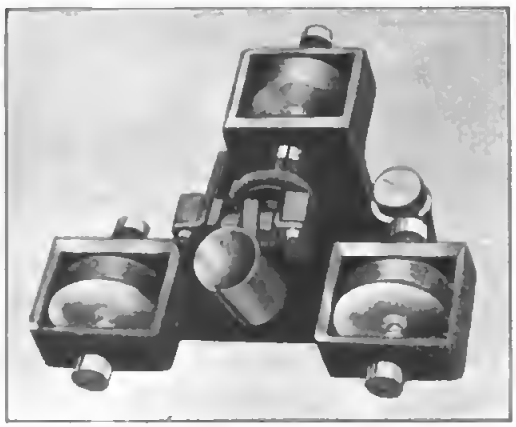


Fig. 2.

Durch diese Anordnung ist der Schwimmer in direkter Verbindung mit dem Schreibstift, und es fallen somit die oben erwähnten Fehler und Störungen weg. Durch die schiefe Anordnung des Schreibstiftes ist ferner ein Hemmen des Streifenganges infolge von Unebenheiten des Papiers oder Eindrückens des Stiftes vermieden und außerdem eine Verwendung von Tinten-

stiften ermöglicht. Der Rest des Instrumentes schließt sich eng an das Sarasinsche Limnimeter an, weist aber einzelne Verbesserungen auf. So hat die Vorratswalze für das unbenutzte Papier eine Hemmvorrichtung, um eine gleichmäßige Spannung des Papiers zu erhalten. Das beschriebene Papier kann auf eine zweite Walze aufgerollt werden. Der Schutzkasten des Instrumentes sitzt auf dem den Schwimmer enthaltenden Blechzylinder auf und verschließt diesen, sodaß Unberufene den Schwimmer nicht bewegen können wie bei der Sarasinschen Anordnung u. a. m.

Das Limnimeter hat sich bei den Untersuchungen bereits sehr gut bewährt, und die der Arbeit beigegebenen Kurven lassen die große Empfindlichkeit ersehen. Ausgeführt wurde das Instrument bei A. H. Baird in Edinburg.

Nach dem gleichen Prinzip lassen sich nach Chrystal auch die Sarasinschen Limnimeter ohne große Schwierigkeiten abändern. Der ganze Pegelapparat (p, o, n, x, vgl. *diese Zeitschr.* **21**. *S. 195. 1901*, Fig. 1) bleibt weg, ebenso die den Schreibstift tragende Schiene (e in Fig. 3a, *ebenda*) mit den dieselbe führenden Rollen. Zu beiden Seiten der Schiene werden die oben erwähnten Führungsschienen für den kleinen Wagen w befestigt. Dieser selbst kann verschiebbar an der den Schwimmer tragenden Schnur (statt Band) festgeklemmt werden, welche wie oben durch ein Gegengewicht gespannt wird. Zur Aufnahme der Schnur werden in die schon vorhandenen Führungsrollen Nuten eingeschnitten. Als Wagen empfiehlt Murray den in Fig. 2 abgebildeten.

Die so abgeänderten Sarasinschen Limnimeter wurden dadurch nicht nur viel einfacher, sondern funktionierten an den schottischen Seen sehr gut und erwiesen sich besonders als sehr empfindlich. Dabei kann denselben jederzeit die Sarasinsche Form wiedergegeben werden, wo die Aufstellung es wünschenswert macht.

Von den besprochenen Instrumenten werden die Wasserstands-Schwankungen in natürlicher Größe aufgezeichnet. Nun treten aber in den Seen neben den *Seiches* von größerer Dauer und Amplitude jederzeit kurz dauernde Schwingungen von kleiner Amplitude auf, welche Forel Vibrationen genannt hat. Zum Studium dieser Schwingungen konstruierte sich Chrystal ein sinnreiches Instrument, *Statolimnograph* genannt (Fig. 3).

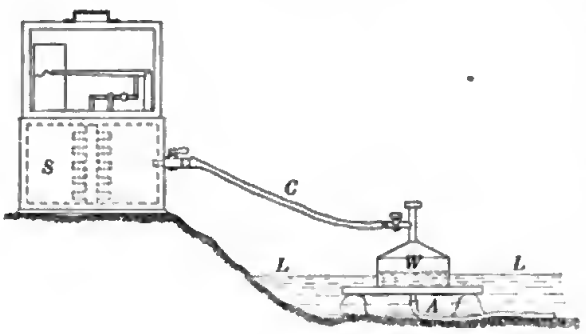


Fig. 3.

Dazu wurde ein Richardsches Statoskop verwendet. Die Aneroidkapsel befindet sich in einem allseits abgeschlossenen und nur durch den mit Hahn versehenen Rohransatz mit der Außenluft kommunizierenden Zylinder S. Die Kapsel selbst steht mit der Außenluft in Verbindung, und ein auf ihrem Boden befestigter Stab überträgt seine Bewegung auf das Hebelsystem mit Schreibstift. Wird der Raum S abgeschlossen und der Apparat gegen Temperaturänderungen geschützt, so ist das Instrument ein Statoskop. Steht dieser Raum aber mit dem luftdicht abgeschlossenen Raum des sonst den Schwimmer aufnehmenden Schutzzylinders W durch den Schlauch C in Verbindung, so werden die durch das Heben und Senken des Wasserspiegels LL erzeugten Druckänderungen auf der Trommel verzeichnet. Die Kurve ist dann ein Limogramm mit um so mehr vergrößerter Amplitude, je größer der Querschnitt des im Wasser stehenden Gefäßes im Vergleich zum abgeschlossenen Luftvolumen ist. Die Reduktionskonstante läßt sich berechnen. Um das Limnimeter rasch an irgend einem Uferpunkte aufstellen zu können, wird der Zylinder auf ein im Wasser auf Steinen liegendes Brett gestellt. Der Innenraum steht durch den Schlauch A mit dem See selbst in Verbindung. Das Statoskop steht am Ufer.

Digitized by Google

Der Statolimnograph arbeitete vorzüglich und lieferte alle jene Einzelheiten der Kurven, wie sie zum Studium dieser interessanten und noch wenig untersuchten Wasserbewegungen notwendig sind und wie sie bis jetzt auf keine Weise erhalten wurden. Dabei kann das Instrument abwechselnd als Limnograph und Barograph und auch als Mikrobarograph verwendet werden. *A. Endrös.*

Studien zur Sensitometrie I. Die Tageslicht-Sensitometrie photographischer Platten und Vorschlag eines einheitlichen Dispersions-Systems.

Von R. J. Wallace. *Astrophys. Journ. 25. S. 116. 1907.*

Der Verf. verbreitet sich eingehend über die bekannten Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Empfindlichkeit photographischer Platten, insbesondere der für die Dreifarben-Photographie benutzten panchromatischen Platten. Verwendet man Farbenfilter, um die Empfindlichkeit für die verschiedenen Farben getrennt zu ermitteln, so erhält man immer nur die Gesamtempfindlichkeit für einen größeren Bereich des Spektrums. Besser ist daher die Anwendung von Spektralapparaten, die die gesonderte Messung für jede Wellenlänge erlauben. Allein auch die spektrographische Untersuchung der Platten, die schon von verschiedenen Seiten ausgeführt worden ist, führt noch nicht zu direkt vergleichbaren Resultaten, da je nach der Dispersion der benutzten Prismen die weniger brechbaren Teile des Spektrums im Verhältnis zu den brechbareren verschieden stark zusammengedrängt werden, sodaß sich für die untersuchten Platten eine zu große Empfindlichkeit für die weniger brechbaren Strahlen ergibt. Auch wenn man rechnerisch die prismatische Dispersion auf die gleichmäßige Dispersion des Beugungsspektrums reduziert, bleibt immer noch der von Apparat zu Apparat wechselnde Einfluß der selektiven Absorption im Glase der Prismen bestehen.

Bei der Anwendung von Gitterspektrographen sind die Verschiedenheiten zwar erheblich geringer, doch zum Teil immer noch vorhanden. So ist bekannt, daß die Helligkeitsverteilung in Gitterspektren von normaler Dispersion durchaus nicht immer gleichmäßig ist; ferner kann bei Metallgittern das Material derselben oder auch das mit der Zeit eintretende Anlaufen Anlaß zu selektiver Absorption geben.

Um diesen Übelständen abzuhelfen und eine einheitliche Sensitometrie aller photographischen Platten zu ermöglichen, schlägt Verf. die Benutzung eines Gitterspektrographen vor, der mit einer von ihm selbst hergestellten[1]) Kopie eines Rowlandschen Gitters ausgerüstet ist, und er erbietet sich, Interessenten, die sich mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigen wollen, zur Erreichung der gleichen Dispersion Kopien desselben Gitters zur Verfügung zu stellen. Mag durch diesen anerkennenswerten Vorschlag auch ein Teil der Unstimmigkeiten beseitigt werden, so muß Ref. doch bemerken, daß der hier eingeschlagene Weg zwar als ein für die technische Anwendung ausreichender Notbehelf, nicht aber als eine definitive Lösung der Aufgabe der wissenschaftlichen Sensitometrie angesehen werden kann. Denn da der vom Verf. benutzte, in der üblichen Weise aus Kollimator, Plangitter und Kamera zusammengesetzte Spektrograph zwei über eine recht große Strecke des Spektrums achromatische Objektive enthalten muß, so macht sich auch bei diesem die Absorption in den Gläsern bemerkbar und verfälscht das Resultat. Eine allgemein vergleichbare Sensitometrie kann vielmehr nur dadurch erreicht werden, daß jeder Beobachter die Dispersion und die Absorption seines Spektrographen genau untersucht und bei der Reduktion seiner Beobachtungen in Rechnung setzt; das macht keinerlei Schwierigkeit. Je verschiedener die von den einzelnen Beobachtern benutzten Apparate sind, desto besser ist es, da dann um so sicherer systematische Fehler erkannt und vermieden werden können.

Eine andere Schwierigkeit bei den sensitometrischen Messungen liegt in der Wahl einer passenden Lichtquelle. Die meisten künstlichen Lichtquellen, die seither verwendet wurden, wie z. B. Kerzen oder die Benzinflamme, senden im Vergleich zum Sonnenlicht zu wenig blaue und violette Strahlen aus. Am besten dürfte in dieser Hinsicht die von

[1]) Vgl. *diese Zeitschr. 26. S. 92. 1906.*

Meos und Shoppard vorgeschlagene, unter bestimmten Bedingungen brennende Azetylenflamme sein. Um die aus der Benutzung der verschiedenen Lichtquellen entspringenden Unterschiede zu beseitigen, schlägt der Verf. die alleinige Anwendung des Tageslichts vor. Da dieses aber wegen seiner stets wechselnden Intensität zu einer absoluten Messung der Plattenempfindlichkeit ganz unbrauchbar ist, so benutzt er dasselbe nur zum Vergleiche der Empfindlichkeit der zu untersuchenden Platte mit derjenigen einer als konstant angenommenen Plattensorte.

Auch für diesen Vorschlag, der ja zu technisch brauchbaren und, was besonders wichtig ist, leicht verständlichen Werten führt, gilt das oben Gesagte. Nach dem heutigen Stande der Technik ist es viel leichter und sicherer, eine konstante Lichtquelle als eine konstant empfindliche Plattensorte zu schaffen, sodaß für die exakte Sensitometrie vorläufig die Bezugnahme auf eine Normallampe, aber nicht auf eine Normalplatte die Grundlage bilden muß.

Die vom Verf. beschriebene Anwendung eines Spektralphotometers zur Messung der Schwärzung der Platten ist, schon wegen der durch die hier ganz überflüssige spektrale Zerlegung verursachten Abschwächung des Lichts, nicht zu empfehlen. Für diese Messungen sind die schon vielseitig erprobten und bewährten, unter dem Namen Mikrophotometer[1]) bekannten Apparate vorhanden. *J. H.*

Über Hitzdraht-Wattmeter und Hitzdraht-Oszillographen.

Von J. T. Irwin. *Journ. of the Instit. of Electr. Eng.* **39.** *S. 617. 1907.*

Das Hitzdraht-Prinzip, auf welchem diese Apparate aufgebaut sind, ist schon seit langem bekannt. Man denke sich in den Strom (und zwar zunächst Gleichstrom) von der Stärke J zwei einander gleiche Hitzdrähte eingeschaltet (Fig. 1), von denen jeder den Widerstand r besitzt. Wird parallel zu den Hitzdrähten ein Nebenschluß $2R$ gelegt, so fließt im Hitzdraht der Strom $JR/(r+R)$. Es werde nun an der in Fig. 1 ersichtlichen Stelle eine Hülfsspannung vom Betrage E eingeschaltet. Diese schickt durch jeden Hitzdraht den Strom $E/(r+R)$, sodaß die Gesamtströme in den einzelnen Drähten werden

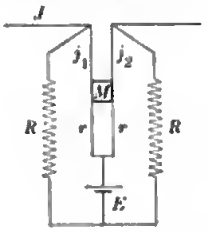


Fig. 1.

$$j_1 = \frac{JR+E}{r+R} \qquad j_2 = \frac{JR-E}{r+R}.$$

Die Differenz der Ausdehnungen der beiden Drähte ist somit proportional

$$(j_1^2 - j_2^2)\,r = 4\,J\frac{E\,R\,r}{(r+R)^2},$$

d. h. proportional der zu messenden Stromstärke J. Zur Erzielung einer möglichst großen Empfindlichkeit hat man $r = R$ zu wählen und E so groß zu machen, als es die Drähte vertragen.

Jeder der beiden Hitzdrähte $CC'D'D$ und $EE'F'F$ (Fig. 2, 3, 4) ist über eine isolierte Rolle (P bezw. P') gezogen; die Rollen sitzen in einer Gabel, an der eine kräftige Feder S zieht; die Mitten der Hitzdrähte sind über Kreuz (Fig. 4) durch ein paar Fäden verbunden; quer über beide Hitzdrähte ist ein Spiegelchen M geklebt, sodaß dasselbe Ablenkungen erfährt, die der Differenz der Ausdehnung der Hitzdrähte proportional sind.

Durch Vorschalten eines geeigneten Widerstandes wird der Apparat zum Spannungsmesser, durch Anwendung eines geeigneten Nebenschlusses zum Strommesser auch für stärkere Ströme.

Ist nun J ein Wechselstrom, so würde, wenn die Drähte keine Wärmeträgheit besäßen, der Ausschlag den Momentanwerten proportional sein, sodaß der Apparat ohne weiteres als Hitzdraht-Oszillograph brauchbar wäre. Die Wärmeträgheit ist aber so groß, daß selbst bei niederen Frequenzen Kompensationen notwendig sind, um ein richtiges Bild der Kurvenform zu erhalten. Sei τ_1 die Temperatur des Drahtes 1 zur Zeit t, dann ist unter der Voraussetzung,

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 97. 1899.*

daß die Wärmeabgabe dem jeweiligen Wert der Temperatur proportional ist, die in der Zeit dt erfolgende Temperaturzunahme $d\tau_1$ proportional $j_1^2 r - a\tau_1$; eine entsprechende Gleichung gilt für Draht 2. Da nun der Ausschlag a des Apparates proportional $\tau_1 - \tau_2$ ist so kann man setzen

$$(j_1^2 - j_2^2) r = a\,a + b\,\frac{da}{dt},$$

wo die linke Seite dem Wechselstrom J proportional ist. Es werde nun dem Apparat ein Widerstand w vorgeschaltet, der so groß ist, daß der Eigenwiderstand des Apparates dagegen vernachlässigt werden kann. Dem Widerstand w sei ein Kondensator von der Kapazität c parallel geschaltet. Dann besteht zwischen Spannung e an den Enden der Verzweigung und Gesamtstrom J in derselben die Gleichung

$$J = \frac{e}{w} + c\,\frac{de}{dt}.$$

Vergleicht man die letzten beiden Gleichungen, so erkennt man, daß es durch geeignete Wahl der Konstanten zu erreichen ist, a proportional e zu machen, d. h. der Oszillograph bildet die Spannungskurve e richtig ab.

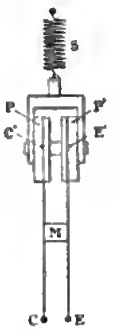


Fig. 2.

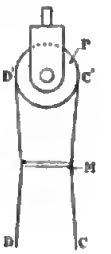


Fig. 3.

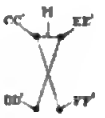


Fig. 4.

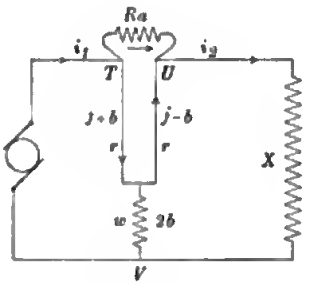


Fig. 5.

Für die Aufnahme von Stromkurven wird die Kompensation der Wärmeträgheit dadurch erreicht, daß zu dem Apparat ein Nebenschluß von geeigneter Selbstinduktion gelegt wird. Auch hier ist die Kompensation streng genommen nur angenähert.

Um nun das Prinzip des Apparates auch zur Leistungsmessung verwenden zu können, wird dem Doppeldraht gleichzeitig ein Vorschaltwiderstand w und ein Nebenschluß R gegeben (Fig. 5). Dann ist nach den früheren Auseinandersetzungen der Ausschlag a proportional $4\,r\,j\,b$ und, da $R\,a = (j+b)\,r + (j-b)\,r = 2\,j\,r$, so ist auch a proportional $2\,R\,a\,b$, d. h., da a nahezu proportional dem Hauptstrom, b nahezu proportional der Betriebsspannung ist, so ist die Ablenkung nahezu gleich dem Verbrauch in X. Genauere Formeln erhält man durch folgende Überlegungen. Die Spannung zwischen

T und V ist $\quad e_1 = (j+b)\,r + 2\,b\,w,$

U und V ist $\quad e_2 = -(j-b)\,r + 2\,b\,w,$

folglich

$$\frac{1}{2}(e_1 + e_2) = b\,(r + 2\,w).$$

$$\frac{1}{2}(e_1 - e_2) = j\,r.$$

Ferner ist

$$\frac{1}{2}(i_1 + i_2) = j + a,$$

folglich a proportional

$$\frac{R}{2\,(r+2\,w)}\;(e_1+e_2)\left\{(i_1+i_2) - \frac{e_1-e_2}{r}\right\}.$$

Soll nun der Apparat so eingerichtet werden, daß er auch die Augenblickswerte der Leistung angibt, so ist nach dem Vorigen die Wärmeträgheit derart zu kompensieren, daß der Ausschlag proportional

$$e\,i + a\,\frac{d(e\,i)}{dt}$$

wird, wo e die Betriebsspannung, i den Hauptstrom bedeutet. Die Kompensation wird ganz ähnlich wie früher ausgeführt; es werden zwei Hitzdrahtsysteme verwandt, von denen das eine in der durch Fig. 6 angedeuteten Weise durch eine Selbstinduktion L in Parallelschaltung, das andere durch einen Kondensator K in Serienschaltung kompigiert

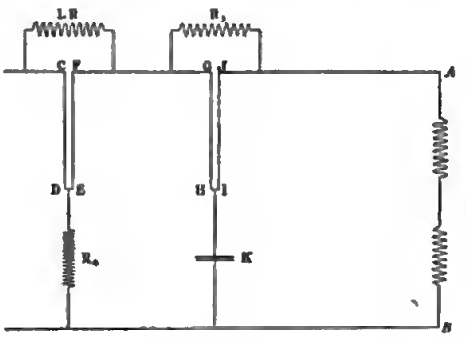


Fig. 6.

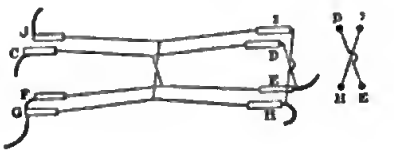


Fig. 7.

ist. Die beiden Systeme sind ähnlich wie vorher durch über Kreuz gespannte Fäden verbunden (Fig. 7).

Die Abmessungen des Hitzdraht-Leistungsmessers waren folgende: Länge jedes Hitzdrahtes 10 *cm*, Durchmesser der Hitzdrähte 0,05 *mm*, Abstand zweier Drähte 1,5 *mm*, Widerstand je 10,4 Ohm. Wurde *einer* von den beiden Drähten mit 0,2 Ampere erregt, so erhielt man auf einer Skale in 1 *m* Entfernung eine Ablenkung von 290 *mm*.

Es wird eine Anzahl von Kurvenaufnahmen abgebildet, die beweisen sollen, daß der Hitzdraht-Oszillegraph ebenso leistungsfähig ist wie ein galvanometrischer. *E. O.*

Bücherbesprechungen.

E. Liebenthal, Praktische Photometrie. gr. 8°. XV, 445 S. m. 201 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1907. 19 M.; geb. 20 M.

Das vorliegende Buch entspricht einem in den letzten Jahren sehr fühlbaren Bedürfnis. Als im Jahre 1886 das kleine Buch des Ref. „Die elektrotechnische Photometrie" erschien, war dieser Zweig der angewandten Physik gerade im Begriff, sich aus dem stillen Winkel, der ihm in den Lehrbüchern der Physik bisher zugewiesen war, zu einem der Technik dienenden Arbeitsgebiete zu erheben und zu erweitern. Auch die darauf erschienenen Bücher von Palaz und von Stine, von denen ersteres als Grundstock das Krüßsche Buch enthält, wurden verfaßt, bevor noch mit den großen Fortschritten der Beleuchtungsindustrie die ihr dienende praktische Photometrie nach allen Seiten hin ausgebaut wurde. Wenn dabei wenigstens in Deutschland, vielleicht aber auch mit einer Wirkung über unsere Grenzen hinaus, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt zum Teil die Führung übernahm, so war von vornherein von dem Verf., der seit Jahren in dieser Anstalt die genannte Disziplin bearbeitet, eine sehr wertvolle Zusammenfassung der großen wissenschaftlichen und technischen Arbeiten, welche in den letzten Jahrzehnten in der Lichtmessung geleistet werden sind, zu erwarten.

In der Tat erfüllt das neu erschienene Buch diese Erwartungen vollkommen. Es stellt eine getreue Erfüllung des Programms der II. Abteilung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an seinem Teile dar. Auf dem festen Grunde klar erkannter und verständlich wiedergegebener physikalischer Gesetze werden die für die Technik notwendigen und brauchbaren Versuchsanordnungen und Arbeitsmethoden errichtet, überall begleitet von erschöpfenden

Literaturangaben, welche ein weiteres Eingehen in besondere Zweige ermöglichen. Die daran gefügten, aus den umfangreichen eigenen Arbeiten hervorgegangenen Ergebnisse über die Lichtverteilung und die spezifische Leistung der verschiedenen Lichtquellen sind für weitere Fortschritte in der Konstruktion von künstlichen Lichterzeugern wertvoll, wie für den praktisch in der Lichtmessung beschäftigten Techniker die auf die einfachste Form gebrachten rechnerischen und graphischen Methoden und die am Schlusse gegebenen Übungsaufgaben von Nutzen sein werden. In bezug auf letztere ist nur zu bemerken, daß bei den Längenmessungen wohl die Zehntelmillimeter in Fortfall kommen könnten; so würde z. B. bei der Aufgabe 1 auf *S. 424* das Rechnungsresultat bei der Abrundung auf ganze Millimeter, welche hier in Zähler und Nenner 0,5 *mm* betragen würde, nur 0,1% ausmachen, eine Größe, die selbst bei ganz konstanten Lichtquellen die Genauigkeit der Beobachtung weit übertrifft.

Die den Text illustrierenden und erläuternden Abbildungen von Instrumenten sind nicht ganz gleichwertig, der Verf. mußte eben nehmen, was zu haben war, wenn das Buch nicht über die Maßen verteuert werden sollte. Dagegen sind die von ihm selbst entworfenen schematischen Darstellungen klar und ihrem Zwecke vollkommen entsprechend.

Ein nur einigermaßen erschöpfendes Inhaltsverzeichnis zu geben, würde den Rahmen dieser Besprechung weit überschreiten, wenn es auch sehr verlockend wäre, ausführlich darzulegen, wie, von den Gesetzen des Lichtes und der Strahlung im allgemeinen ausgehend, die photometrischen Grundgesetze entwickelt werden, wie die der Photometrie als Vergleichsmaße dienenden Lichtquellen beschrieben und beurteilt und alle nur irgendwie für die Technik in Betracht kommenden Photometer gewürdigt werden, seien es solche für direkte Lichtstärkenbestimmungen oder für die Bestimmung der Beleuchtungsstärken oder zur Ermittelung der mittleren Lichtstärken. Es muß hier auf das Buch selbst verwiesen werden.

Wenn der Ref. sich trotz der im allgemeinen völlig uneingeschränkten Anerkennung der mühsamen, langwierigen und vorzüglichen Arbeit Liebenthals einige Bemerkungen dazu erlaubt, so liegt das einerseits in dem Umstand, daß ein solches Buch in einzelnen Dingen überholt ist durch die während des Verfassens gemachten Fortschritte, und daß andererseits manche Frage von verschiedenen Menschen verschieden beurteilt wird.

Der erstgenannte Umstand trifft zum Teil zu auf die Terminologie, d. h. die Zeichenwahl, wie sie in der Einleitung zusammengefaßt ist. Seit einigen Jahren hat in elektrotechnischen Kreisen eine Bewegung eingesetzt für eine einheitliche Bezeichnung der Lichtstärken, wesentlich, um zu verhindern, daß unter der Lichtstärke, z. B. einer Bogenlampe, einmal die horizontale oder das andere Mal die maximale oder die mittlere sphärische verstanden wird. Man hat sich nach jahrelangen Verhandlungen geeinigt, die mittlere sphärische, mittlere obere und untere sphärische Lichtstärke mit $J_{\bigcirc}$, $J_{\sqsubset}$ und $J_{\sqsupset}$ zu bezeichnen. Dieser Bezeichnung ist der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern beigetreten, und die Internationale Lichtmeßkommission hat die Bezeichnungen noch erweitert. Das alles ist allerdings erst im Sommer 1907 geschehen, das Liehenthalsche Buch war schon fertig gedruckt, so konnte nur noch am Schluß das von der Internationalen Lichtmeßkommission angenommene Verhältnis zwischen den in den verschiedenen Ländern üblichen Lichteinheiten hinzugefügt werden. Wenn aber nun in dem Buche die drei oben angeführten Größen mit J_s, $J_{s,o}$ und $J_{s,u}$ bezeichnet werden, so wird bei der Verbreitung und Nachachtung, welche das Buch verdient, die Durchführung der nun endlich glücklich vereinbarten Bezeichnungen erheblich erschwert werden. Wenn der Ref. als einer, der in der letzten Zeit mitten in dieser Einigungsarbeit gestanden hat, vorstehende Bemerkungen macht, so sollen und können sie selbstverständlich keinen Tadel gegen den Verf. des Buches, der sich selbst seine Bezeichnungen wählen mußte, enthalten. — Für die Durchlässigkeit hätte ich gern ein anderes Zeichen gesehen, als das für Zeit und Temperatur bereits in Anspruch genommene T.

Mit den Definitionen des objektiven und subjektiven Lichtes, welche Liebenthal auf *S. 1* gibt, kann ich mich nicht vollkommen einverstanden erklären. Er nennt jenes Agens, welches die Körper der Außenwelt auf die Netzhaut entsenden, *objektives Licht*, den der Größe

nach unbekannten physiologisch beeinflußten Teil des den Sehnerven reizenden objektiven Lichtes aber *subjektives Licht* oder Lichtstrom.

Das entspricht weder dem Sprachgebrauch noch den Tatsachen. Helmholtz bezeichnet in seiner „Physiologischen Optik“ als subjektive Lichterscheinungen das Gebiet der Lichtempfindungen aus *inneren* subjektiven Ursachen (Druck auf den Bulbus, elektrische Entladungen, Blutandrang u. s. w.). Andererseits sind aber durchaus nicht alle von den Körpern auf die Netzhaut gesandten Strahlungen als Licht zu bezeichnen, auch nicht als objektives, sondern ausschließlich solche, welche im Auge eine Helligkeitsempfindung hervorrufen. Ultraviolette Strahlen sind z. B. in diesem Sinne keine Lichtstrahlen, sondern der Sprachgebrauch bezeichnet sie ausdrücklich als dunkle Strahlen, ebenso wie die Wärmestrahlung. Nur was sichtbar ist, sendet Licht aus, und trotz der subjektiven Entscheidung darüber entspricht ihm eine objektive Existenz für alle, die nicht auf dem Standpunkte stehen, daß die Außenwelt eine Einbildung unserer Sinne sei, und daß wir infolgedessen nichts über sie wissen können. In § 2 und 3 schließt sich Liebenthal übrigens auch der geschilderten Auffassung vollkommen an.

Sehr verdienstvoll erscheint es, daß in den Ausführungen des 2. und 3. Kapitels der „Lichtstrom“ mehr in den Vordergrund gerückt wird; es würde manche Unklarheit verschwinden, wenn man bei der Definition der in der Lichtmessung vorkommenden Größen vom Lichtstrom und nicht wie bisher von der Lichtstärke ausgehen würde. Ebenso dankbar ist der Leser dafür, daß auf *S. 41 u. flgde.* die Gesetze des schwarzen Körpers und die Versuche damit übersichtlich zusammengestellt sind.

Die Anwendung der Zerstreuungslinsen ist etwas dürftig behandelt. Sie sind in der Tat als bequemes Hülfsmittel der Lichtschwächung vielfach im Gebrauch, dagegen ist die Theorie derselben und die Art ihrer Behandlung meistens wenig bekannt, sodaß in ihrer Anwendung häufig Fehler vorkommen. Die im Anhang *S. 422* noch erwähnte Arbeit des Ref. über die Starklichtphotometrie (Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 285. 1907*), in welcher die hier in Betracht kommenden Verhältnisse ausführlich entwickelt sind, war augenscheinlich bei Abfassung dieses Teiles des Buches noch nicht erschienen.

Bei der Erklärung des Talbotschen Gesetzes wird auf die Helmholtzsche Erklärung durch die Dauer des Lichteindrucks Bezug genommen. Es sei gestattet, auf die Ausführungen in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 100. 1905* hinzuweisen, in welchen ein Einwand Marbes gegen die Helmholtzsche Erklärung wiedergegeben wird; dieser beruht wesentlich darauf, daß es nicht zutreffend ist, anzunehmen, die Nachdauer hänge lediglich von den lichterfüllten und nicht von den lichtleeren Zwischenräumen ab.

Daß unter der Aufzählung derjenigen vorher beschriebenen Photometer, welche unmittelbar Messungen unter jeder beliebigen Poldistanz gestatten, der § 89 beschriebene Beleuchtungsmesser nach Krüß fehlt, ist vielleicht durch die dort nur schematisch gegebene Anordnung des Instruments zu erklären, da aus derselben nicht ersichtlich ist, daß der Photometerkopf mit der Meßfläche im ganzen Umkreis um eine senkrecht auf der Mitte des Photometerschirmes stehende horizontale Achse drehbar ist.

Matthiews (*S. 306*) schreibt sich richtig Matthews (s. *Trans. Am. Inst. Electr. Eng.* **19.** *S. 1461. 1902*).

Mit richtigem Verständnis für die Behinderung, welche manche Techniker durch die im Laufe der Zeit eingetretene Entwöhnung von der Behandlung mathematischer Formeln empfinden, gibt der Verf. im Anhange mathematische und geometrische Bezeichnungen, welche zur Verwertung des Beobachtungsmaterials dankenswerte Handhaben bieten. Überhaupt sei nochmals das Geschick anerkannt, mit welchem Liebenthal alles, was für sein Thema in Betracht kommt, mit den es umgebenden Grenzgebieten übersichtlich zusammengestellt hat, ohne daß der Leser ermüdet und sich von der Fülle des Materials erdrückt fühlt, im Gegenteil, er wird sein Interesse durch den sicheren Aufbau der ganzen Entwickelungen beim Fortschreiten im Studium des Buches fortlaufend gesteigert finden.

H. Krüß.

Digitized by Google

F. R. Helmert, Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Mit Anwendungen auf die Geodäsie, die Physik und die Theorie der Meßinstrumente. 2. Aufl. gr. 8°. XVIII, 578 S. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. 16 M.

Schon in der ersten, vor 35 Jahren erschienenen Auflage dieses wichtigen Buches ist der Verf., der vor allem die *Anwendungen* der Methode der kleinsten Quadrate im Auge hatte, von der zweiten (neueren) Begründungsweise der Methode durch ihren Haupturheber, C. F. Gauß, ausgegangen und hat demnach die Beziehungen zwischen Wahrscheinlichkeitsrechnung und Ausgleichungsrechnung nur nebensächlich behandelt. Seitdem ist bekanntlich dieser Weg ziemlich allgemein befolgt worden. Und in der vorliegenden 2. Auflage seines Buches hat Helmert den Hauptgrundsatz der Ausgleichungsrechnung, die Summe der Quadrate der Verbesserungen gleichwertiger Messungen einer und derselben Größe zum Minimum zu machen, noch mehr in den Vordergrund gestellt; erst nachträglich wird bewiesen, daß bei Anwendung dieses Prinzips, unter gewissen Voraussetzungen über die Beobachtungsfehler, die Gewichte der Unbekannten größte Werte erreichen. Daß der Verf. seine weitern Erfahrungen aus mehr als drei Jahrzehnten der neuen Auflage des Buchs zuführen konnte, ist besonders den letzten Kapiteln zugut gekommen, in denen jetzt besonders viel ausführlicher als in der 1. Aufl. behandelt ist: die Untersuchung der Beobachtungsfehler (5. Kap.), die Verwendung der M. d. kl. Qu. bei der „näherungsweisen Darstellung von Funktionen" (6. Kap., interpolatorische Ausgleichung, sei es durch geschlossene Ausdrücke, durch Potenzreihen [unter denen diesmal auch die einfachen Kugelfunktionen verwendet werden], durch trigonometrische [Fouriersche] Reihen oder endlich nach der neuen Theorie der quasisystematischen Fehler von Thiele); die im Sinn unserer Zeitschrift besonders wichtigen Beispiele über Teilkreise, Mikrometerschrauben und Libellen (7. Kap.); die Horizontalwinkelmessung und die Ausgleichung der Dreiecksnetze (8. Kap., jetzt über 4 Bogen umfassend). Ein kurzes 9. Kap. behandelt die „Ökonomie der Beobachtungen", d. h. die Aufgaben über günstigste Gewichtsverteilung und die hiernach zu wählende Anordnung der Messungen. In allen Teilen des Buchs sind reichlich Beispiele gegeben (die „Übersicht der Beispiele" am Schluß des Inhaltsverzeichnisses weist über 40 größere Anwendungen nach), im allgemeinen weniger im Sinn fertiger Rechenvorschriften, an denen in der sonstigen Literatur zur Ausgleichungsrechnung ja kein Mangel ist, als im Sinn mehr oder weniger durchgeführter Erläuterungen zur Theorie.

Es ist hier nicht der Ort, auf Einzelheiten des umfangreichen Werks einzugehen; nicht einmal eine ausführlichere Übersicht des Inhalts anzugeben ist notwendig, weil doch jeder, der in größerem Umfang Beobachtungen auszugleichen hat, das Buch nicht entbehren kann. Nur zu folgendem Punkt möchte ich noch ein paar Zeilen beifügen. *S. 39* bemerkt der Verf., daß er die eingebürgerte Bezeichnung „Fehlergleichung" (von Gauß herrührend) bei direkten oder vermittelnden Messungen nicht aufgeben möchte zugunsten des Ausdrucks „Verbesserungsgleichungen", obwohl die λ (nach der Bezeichnung von Helmert, $\lambda_k = x - l_k$ bei direkten Messungen für die Größe, deren wahrer Wert X, deren plausibelster und uns im allgemeinen allein zugänglicher x ist) in der Tat keine Fehler, sondern Fehler mit umgekehrtem Vorzeichen seien. Es war aber gar nicht die Rücksicht aufs Vorzeichen, was mich zu dem angedeuteten Vorschlag veranlaßt hat, sondern die Überlegung, daß man als „*Fehler*" einer Beobachtung doch eigentlich nichts bezeichnen kann als ihre Abweichung von der *Wahrheit*. Jene λ oder $-\lambda$ einfach Fehler zu nennen, geht eigentlich gar nicht an; denn nicht sie sind die Fehler der einzelnen Messungen, sondern dies wären die Beträge $\epsilon_k = X - l_k$ (oder eigentlich $l_k - X$, worauf aber, wie schon bemerkt, nichts ankommen soll), und die λ sind nichts als „die kleinen *Verbesserungen*, die den l hinzuzufügen sind, um ihre Widersprüche zu heben" (*S. 6 oben*). Die Berechnung dieser *Verbesserungen* zur Tilgung der Widersprüche ist der Zweck der „Ausgleichung"; wie weit die λ oder v (Anfangshuchstabe von Verbesserung, was ja jetzt fast allgemein für diese „Fehler" gebraucht wird) wirklich Fehler sind, wissen wir im allgemeinen gar nicht; es sollte bei ihnen dem Wort „Fehler" stets hinzugefügt werden *übrigbleibende*, wie es ja oft geschieht (s. *S. 39*), oder

plausibelste (wie sehr vielfach in dem Buch [*S. 49/50*]) oder *wahrscheinlichste* oder *scheinbare*, um den Unterschied gegen die „wahren Fehler“ zu bezeichnen, bei denen aber das „wahr“ eigentlich überflüssig sein sollte, da *sie allein* zunächst Fehler genannt werden können. Beim „mittleren Fehler“ einer der Messungen l im vorigen Fall gleichwertiger direkter Beobachtungen einer zu bestimmenden Größe ist der Ausdruck *Fehler* unbedenklich, weil er in der Tat zunächst mit Hülfe der ε, nicht der v definiert wird, $n \cdot m^2 = [\varepsilon^2]$ und erst nachher zu zeigen ist, wie *derselbe* Betrag m auch mit Hülfe der v, der *Verbesserungen* der einzelnen Messungen (= Abweichungen dieser Messungen von ihrem Durchschnitt), mit größerer oder geringerer Annäherung berechnet werden kann nach $(n-1)\,m^2 = [v\,v]$; die ε sind uns eben nur in seltenen Fällen zugänglich, z. B. in den Dreiecksschlußfehlern, bei der Bestimmung der Fehler barometrisch bestimmter Höhenunterschiede dadurch, daß diese auch mit dem Nivellier ermittelt werden, u. s. f. Sachlich würde ich übrigens den Ausdruck „*mittlere Unsicherheit*“ für besser halten als „mittlerer Fehler“ schon deshalb, weil mit jenem Ausdruck das ± des „Fehlers“ besser zum Ausdruck käme. Zuzugeben ist freilich, daß Fehlergleichung den Vorzug der Kürze vor Verbesserungsgleichung hat. Aber andrerseits spricht bei *bedingten* Beobachtungen niemand von der Berechnung der *Fehler* der Messungen, sondern von deren *Verbesserungen*; das Wort *Verbesserungsgleichungen* könnte hier statt des nicht unzweideutigen „Korrelatengleichungen“ gebraucht werden, aus den *Verbesserungs*-Gleichungen können bei $\left\{\begin{matrix}\text{vermittelnden}\\ \text{bedingten}\end{matrix}\right\}$ Beobachtungen, nachdem die Normalgleichungen die $\left\{\begin{matrix}\text{Unbekannten}\\ \text{Korrelaten}\end{matrix}\right\}$ geliefert haben, die v berechnet werden. Statt Verbesserungen der Näherungswerte bei den direkten oder vermittelnden Messungen (z. B. *S. 171 u.*) sage ich, um einen Unterschied gegen die v zu haben, *Korrektionen*. Daß man an althergebrachten, eingebürgerten Bezeichnungen nicht ohne gute Gründe rütteln soll, gebe ich gern zu. Daß aber gegen manche Bezeichnungen der Ausgleichungsrechnung Bedenken zu äußern sind, mag noch der sog. „wahrscheinliche Fehler“ zeigen, eine Benennung, die in keiner Weise dem Wesen entspricht, demgemäß gewiß auch sprachlich auf keine Weise gerechtfertigt werden kann. Besser wäre z. B. schon „kritischer Fehler“, wie Morgan vorgeschlagen hat; glücklicherweise braucht man sich ja auf einen wirklich das Wesen dieses Fehlers bezeichnenden Namen nicht mehr zu besinnen, weil er neben dem mittlern ganz entbehrlich ist und auch bei uns, im Gegensatz zu Amerika u. s. f., kaum mehr verwendet wird. Den von Helmert früher gebrauchten Ausdruck „wahrscheinlichste Fehlerellipse“ hat der Verf. jetzt verlassen zugunsten von „wahrscheinliche Fehlerellipse“; aber auch hiergegen sind noch dieselben Einwendungen geltend zu machen wie gegen den „wahrscheinlichen Fehler“.

Hammer.

Neu erschienene Bücher.

J. A. Serret, Lehrbuch der Differential- u. Integralrechnung. Nach A. Hartnacks Übersetzg. 3. Aufl. Neu bearb. v. G. Scheffers. 2. Bd. Integralrechnung. gr. 8°. XIV, 586 S. m. 105 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geh. in Leinw. 13 M.

H. Bonasse, *Cours de Physique. 4 fascicules. Fascic. 2: Thermodynamique; théorie des Ions.* gr. 8°. 262 S. m. 64 Fig. 6 M.

Fascic. 1: 250 S. m. 80 Fig. 5,50 M.

R. Lüpke, Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis. 5., neu bearb. Aufl. v. Prof. Dr. E. Bose. 8°. XII, 271 S. m. 80 Fig. u. 24 Tab. Berlin, J. Springer 1907. Geh. in Leinw. 6 M.

E. Bichat u. R. Blondlot, *Introduction à l'étude de l'Électricité statique et du Magnétisme.* 2. Aufl. 8°. VIII, 188 S. m. 80 Fig. Paris 1907. 4,50 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **März 1908.** Drittes Heft.

Über eine Störung an hochempfindlichen Quadrantelektrometern.

Von

H. Schultze.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Im Verlauf von Untersuchungen an hochempfindlichen Quadrantelektrometern wurde eine Erscheinung aufgefunden und näher untersucht, die eine bisher nicht beachtete Unsicherheit der Messung verursachen kann.

Benutzt wurde für die Untersuchungen das neue Quadrantelektrometer der Reichsanstalt, das hier bereits beschrieben ist[1]). Es soll in erster Linie für dynamische Messungen, und zwar für Leistungs-, Strom- und Spannungsmessungen an Wechselströmen dienen. An ein solches Instrument ist unbedingt die Forderung zu stellen, daß es, mit Gleichstrom geeicht, unabhängig von Kurvenform und Frequenz die zeitlichen Mittelwerte der Wechselstromgrößen gibt. Das ist theoretisch der Fall, wenn konstante Gleichspannungen der Elektrometernadel von der Zeit unabhängige Ausschläge erteilen. Es ist bekannt, daß diese Bedingung z. B. nicht erfüllt ist, wenn Isolatoren, auf deren Oberflächen Ladungen kriechen können, sich in der Nähe des beweglichen Systems befinden[2]). Das hier verwandte Instrument ist so konstruiert, daß eine Wirkung der die einzelnen Elektrometerteile trennenden Isolatoren auf das bewegliche System ausgeschlossen ist. Sind außerdem die vergoldeten Quadrantenflächen sorgfältig von irgend welchen Fettspuren gereinigt, so sollte man erwarten, daß die Ausschläge tatsächlich von der Zeit unabhängig sein müßten. Das ist aber bei hochempfindlichen Quadrantelektrometern in der Quadrantschaltung, in der ein Quadrantenpaar mit dem Gehäuse verbunden ist, während zwischen dem anderen Quadrantenpaar und dem Gehäuse eine niedrige Spannung und zwischen Nadel und Gehäuse eine hohe Spannung liegt, nicht der Fall. Der durch konstante Spannungen erzeugte Ausschlag ändert sich ein wenig, und zwar zunächst nahe proportional mit der Zeit, dann immer langsamer. Dies Kriechen der Nadel ist bei Benutzung *desselben* Platinfadens verhältnismäßig stark, wenn eine Magnalinnadel verwandt wird, viel schwächer, wenn die Nadel vergoldet ist. Hieraus geht bereits hervor, daß das Kriechen nicht durch elastische Nachwirkung verursacht sein kann. Dagegen spricht auch die Tatsache, daß nach einem lange währenden einseitigen Ausschlag von 500 *mm* bei 2000 *mm* Skalenabstand sich die Null-Lage recht genau wieder einstellte.

Die Untersuchung hat ergeben, daß das Kriechen der Nadel durch bestimmte gesetzmäßige Änderungen der „Kontaktpotentialdifferenzen“ zwischen den beiden Quadrantenpaaren veranlaßt ist. Auf diese Kontaktpotentialdifferenzen hat zuerst

[1]) H. Schultze, *diese Zeitschr.* **27**. *S. 65. 1907.*

[2]) Vgl. H. Fischer, *Physikal. Zeitschr.* **7**. *S. 376. 1906.*

Hr. Hallwachs[1]) aufmerksam gemacht. Verbindet man nämlich beide Qnadrantenpaare mit dem Gehäuse nnd legt zwischen Nadel und Gehänse eine hohe Spannnng V_0, die man kommutiert, so beobachtet man Ausschläge, die von dem verschiedenen elektrischen Zustand der Quadrantenoberflächen herrühren. Hr. Hallwachs justiert das Elektrometer so[2]), daß beim Kommntieren der Nadelspannnng die Ausschläge entgegengesetzt gleich groß werden. Diese Jnstierung ist für das Folgende stets annähernd ansgeführt. Die nachstehenden Zahlen veranschaulichen die Art der Beobachtung.

V_0	Einstellung des Elektrometers	$\alpha - \beta$
0 Volt	502,8	
− 75 „	485,2	32,4
+ 75 „	517,6	

Der beobachtete Ausschlag $\alpha - \beta$ hängt mit der erwähnten Kontaktpotentialdifferenz $p_1 - p_2$ folgendermaßen znsammen. Es ist[3])

$$\alpha - \beta = \frac{2 c_0 V_0}{D} \qquad 1)$$

nnd angenähert[4])

$$c_0 = b_1 (p_1 - p_2), \qquad 2)$$

also

$$p_1 - p_2 = \frac{D}{b_1} \frac{\alpha - \beta}{2 V_0}. \qquad 3)$$

In Gleichung 3) bedeutet D/b_1 die reziproke Empfindlichkeit des Elektrometers für die Nadelspannnng V_0; im vorliegenden Beispiel ist $D/b_1 = 0{,}035_1$, also $p_1 - p_2 =$ 0,0076 Volt.

Nach Gleichnng 3) ist $p_1 - p_2$ bei derselben Nadelspannnng V_0 dem Ausschlag $\alpha - \beta$ direkt proportional. Im folgenden ist, wenn es nicht ausdrücklich anders bemerkt wird, $V_0 = 75$ Volt; es werden deshalb nur die direkt abgelesenen Größen $\alpha - \beta$ in *mm* angegeben. 1 *mm* entspricht dann einer Spannung von 0,00023 Volt.

Bestimmt man den Ansschlag $\alpha - \beta$ an einem unberührt stehenden Elektrometer an verschiedenen Tagen, so erhält man meist recht verschiedene Werte. Dies hängt damit znsammen, daß die Kontaktpotentialdifferenzen stark durch die Luftfenchtigkeit beeinflußt werden. Bei den folgenden Versnchen war die Luft im Elektrometergehäuse, das einigermaßen dicht abgeschlossen ist, durch mit Wasser getränkte Watte absichtlich fencht gehalten. Bleibt dann die Ändernng der Zimmertemperatur in kleinen Grenzen, so sind die beobachteten $\alpha - \beta$ für einige Stnnden nahe konstant, unter der Bedingung, daß der Elektrometernadel kein größerer Ausschlag erteilt wird.

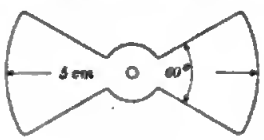


Fig. 1.

Trifft diese Bedingung nicht zu, so bleibt $\alpha - \beta$ nicht konstant. Tab. I gibt einen Überblick über die Art der Änderung von $\alpha - \beta$ bei Verwendung einer Magnaliumnadel der in Fig. 1 angegebenen Form und vergoldeter Quadranten. In den beiden ersten Spalten sind die Nadelspannung V_0 und die Qnadrantspannung V_1 angegeben, durch die der in der dritten Spalte in *mm* angegebene einseitige Ausschlag der Nadel erzengt ist. Der Skalenabstand betrug 2000 *mm*. Die Vorzeichenwechsel von V_1 und V_0 entsprechen

[1]) *Wied. Ann.* **29.** *S. 1. 1886.*
[2]) *A. a. O. S. 13.*
[3]) Orlich, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 104. 1903.*
[4]) *A. a. O. S. 110.*

der von Hrn. Orlich angegebenen Art zu kommutieren (s. u.). Der betreffende einseitige Ausschlag wurde je 10 Minuten aufrecht erhalten; dann wurde sofort in der oben angegebenen Weise die der Kontaktpotentialdifferenz proportionale Größe $\alpha - \beta$ bestimmt; sie ist in der vierten Spalte in *mm* angegeben. Die fünfte Spalte gibt die Änderung Δ der Größe $\alpha - \beta$, und zwar in der ersten Horizontalreihe die Änderung gegen das auf *S. 62* angegebene, unmittelbar vor der in Tab. I enthaltenen Versuchsreihe bestimmte $\alpha - \beta = 32{,}4$, in den folgenden Zeilen die Änderung je zweier aufeinander folgender Werte für $\alpha - \beta$.

Tabelle I.

V_0	V_1	Ausschlag	$\alpha - \beta$	Δ
− 75 Volt	+ 0,2 Volt	+ 441	33,8	+ 1,4
+ „	+ „	− 381	32,0	− 1,8
+ „	− „	+ 420	34,2	+ 2,2
− „	− „	− 467	32,6	− 1,6
− „	+ „	+ 441	34,3	+ 1,7
Mittel der Zahlen der 2. bis 5. Zeile: 427				1,8

Aus Tab. I geht hervor, daß nach einem durch die betreffenden Spannungen erzeugten, 10 Minuten andauernden Ausschlag nach positiver Richtung der Wert von $\alpha - \beta$ um einen bestimmten Betrag größer geworden, nach einem Ausschlag nach negativer Richtung unter sonst gleichen Bedingungen um etwa ebensoviel kleiner geworden ist; ferner, daß das Vorzeichen von V_0 bezw. V_1 ohne Einfluß auf Größe und Vorzeichen des Effekts Δ ist.

Es liegt die Frage nahe, ob für die Größe von Δ allein der Ausschlag, der vorher bestanden hat, oder auch die Spannungen, die diesen Ausschlag hervorgebracht haben, bestimmend sind. Um dies zu entscheiden, wurde eine Anzahl ähnlicher Versuchsreihen wie die in Tab. I angegebene gemacht, bei denen verschiedene Ausschläge durch die Nadelspannungen $V_0 = 25$ Volt, $V_0 = 75$ Volt und $V_0 = 150$ Volt und passende Quadrantenspannungen V_1 erzeugt wurden. Die betreffenden Ausschläge blieben wieder 10 Minuten lang bestehen, dann wurde sofort die Größe $\alpha - \beta$ bestimmt. Für die verschiedenen Versuchsreihen wurden der Tab. I analoge Tabellen aufgestellt, die hier nicht angegeben sind. Einen Überblick über die Resultate gibt die in Fig. 2 dargestellte Kurve. Als Abszissen sind aus jeder Tabelle die Mittel aus den in der zweiten bis fünften Zeile stehenden einseitigen Ausschlägen (s. Tab. I) eingetragen, als Ordinaten die Mittel aus den in der zweiten bis fünften Zeile stehenden Werten für Δ. Die Nadelspannung, durch die der betreffende Ausschlag erzeugt war, ist in leicht ersichtlicher Weise kenntlich gemacht.

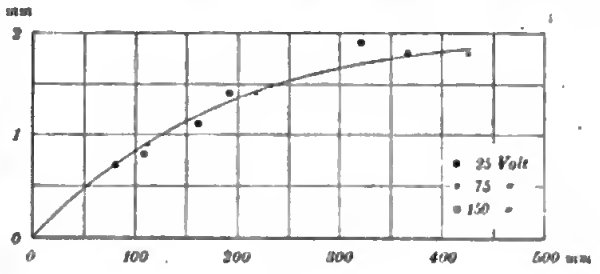


Fig. 2.

Die Abweichungen der einzelnen Punkte von der Kurve liegen in den Grenzen der Beobachtungsfehler. Die Größe von Δ ist also unabhängig von der Größe der Spannungen und allein abhängig von der Größe des Ausschlags, der zuvor bestanden hat; und zwar wächst Δ erst etwa proportional diesem Ausschlag, dann immer langsamer.

Das Resultat führt zu einer Vorstellung über das Zustandekommen des Effekts J. Fig. 3 stellt ein idealisiertes Schema des Quadrantelektrometers dar. Die nach rechts ins Uneudliche gehenden Platten A und B entsprechen dem einen, die nach links ins Uneudliche gehenden Platten C und D dem andern Quadrantenpaar. Die in der Mitte befindliche Platte N von endlicher Breite bedeutet die Nadel. In der Ruhelage wird N durch die Symmetrieebene S halbiert. Einer abgelenkten Lage der Elektrometernadel entspricht eine Parallelverschiebung nach rechts oder links. Wir machen nun die Annahme, daß die Magnaliumnadel in irgend einer Weise imstande ist, die über bezw. unter ihr liegenden Stücke der Oberflächenschicht der (vergoldeten) Quadrantenpaare chemisch zu verändern, sodaß sie eine Potentialdifferenz gegen die übrige Oberfläche zeigen. Solange die Nadel in oder nahe in der Ruhelage bleibt, wie es bei der Bestimmung der Kontaktpotentialdifferenz zwischen den Quadrantenpaaren (s. o.) der Fall ist, wird an diesem Zustand nichts Merkliches geändert. Die der Kontaktpotentialdifferenz proportionale Größe $\alpha - \beta$ muß also konstant bleiben. Der Nadel werde nun eine abgelenkte Lage nach rechts erteilt; dann werden nach obiger Annahme die Oberflächenschichten der Stücke $a_1 a_2$ bezw. $b_1 b_2$ chemisch verändert werden, und zwar, wie die Versuche gezeigt haben, so, daß sich eine *negative* Ladung darauf ausbildet. An den Oberflächenschichten der Stücke cc_2 bezw. dd_2 tritt inzwischen eine Rückbildung ein (s. u.), d. h. es verschwindet negative Ladung. Bestimmt man, nachdem der Ausschlag längere Zeit bestanden hat, die Kontaktpotentialdifferenz, wobei sich die Nadel wieder nahe der Symmetrielage befindet, so muß sich die Wirkung der veränderten Oberflächenschichten $a_1 a_2$ bezw. $b_1 b_2$ und cc_2 bezw. dd_2 auf die auf hohem Potential befindliche Nadel äußern. Hatte von vornherein das rechte Quadrantenpaar eine negative Kontaktpotentialdifferenz gegen das linke, so wird jetzt eine größere Kontaktpotentialdifferenz resultieren. Nach einem Ausschlag nach der linken Seite muß sich analog wieder eine kleinere Kontaktpotentialdifferenz ergeben. Das ist genau das, was der Versuch gezeigt hat.

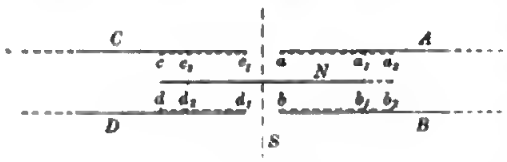


Fig. 3.

Denkt man sich in Fig. 3 die Flächenstreifen $a_1 a_2$ bezw. $b_1 b_2$ und die Nadel N in unendlich schmale Streifen da bezw. db und dN zerlegt, und stellt man sich vor, daß jedes da bezw. db auf jedes dN nach dem Coulombschen Gesetz wirkt, so kommt man zu dem Resultat, daß bei der Bestimmung der Kontaktpotentialdifferenz gleich große und gleich hoch geladene Flächenstreifen der Quadranten um so weniger auf die geladene Nadel wirken, je weiter sie von der Symmetrieebene S entfernt sind. Daraus folgt, daß der Effekt Δ mit dem vorausgegangenen Ablenkungswinkel der Nadel nicht linear wachsen kann, sondern langsamer zunehmen und sich schließlich einem Grenzwert nähern muß. Weiter zeigt die Überlegung, daß dieser Grenzwert für einen um so kleineren vorausgegangenen Ablenkungswinkel erreicht werden muß, je kleiner der Abstand zwischen oberer und unterer Quadrantenfläche ist; hierbei ist angenommen, daß die Nadel in der Mitte zwischen beiden Flächen liegt. Diese Überlegungen werden durch die Versuche bestätigt.

Die in Fig. 2 dargestellte Kurve zeigt deutlich ein langsameres als lineares Wachsen des Effekts Δ mit dem dem Ablenkungswinkel proportionalen Ausschlag. Der Abstand zwischen oberer und unterer Quadrantenfläche betrug hier 2 *mm*; die Nadel war also nur etwa je 1 *mm* von beiden entfernt.

Dagegen zeigt die in Fig. 4 dargestellte Kurve eine merklich lineare Abhängigkeit des Effekts Δ vom vorausgegangenen Ablenkungswinkel. In diesem Falle sind nämlich obere und untere Quadrantenfläche 4 *mm*, also doppelt so weit wie zuvor, voneinander entfernt. Außerdem entsprechen den als Abszissen angegebenen Ausschlägen etwas kleinere Ablenkungswinkel wie in Fig. 2, weil der Skalenabstand 2900 *mm* betrug gegen 2000 *mm* bei der in Fig. 2 dargestellten Versuchsreihe. Die Messungen sind mit nicht vergoldeten Messingquadranten und einer Magnaliumnadel angestellt. Die Kontaktpotentialdifferenzen sind bei 150 Volt Nadelspannung bestimmt. 1 Skalenteil des Effekts Δ entspricht 0,00016 Volt.

In der in Fig. 2 dargestellten Versuchsreihe ist nach einem 10 Minuten währenden Ausschlag von etwa 400 *mm* bei 2000 *mm* Skalenabstand im Mittel $\Delta = 1{,}8 \cdot 0{,}00023$ Volt $= 0{,}00041$ Volt. Aus der in Fig. 4 dargestellten Versuchsreihe berechnet sich Δ unter der Annahme vollkommener Proportionalität zwischen Δ und dem Ausschlag und unter sonst gleichen Bedingungen zu $0{,}0010_1$ Volt. Der Unterschied zwischen beiden Versuchsreihen besteht darin, daß in der ersten der Abstand zwischen oberer und unterer Quadrantenfläche 2 *mm*, in der zweiten 4 *mm* betrug, daß in der ersten eine Magnaliumnadel und vergoldete Messingquadranten, in der zweiten eine Magnaliumnadel und nicht vergoldete Messingquadranten verwandt wurden, und daß in der ersten die Luft im Elektrometergehäuse mit Feuchtigkeit gesättigt war, in der zweiten nicht (s. u.). Die beiden Zahlen lassen sich also schwer miteinander vergleichen. Insbesondere läßt sich daraus kein Schluß ziehen, ob die Metalle Messing und Gold die Größe von Δ verschieden beeinflussen.

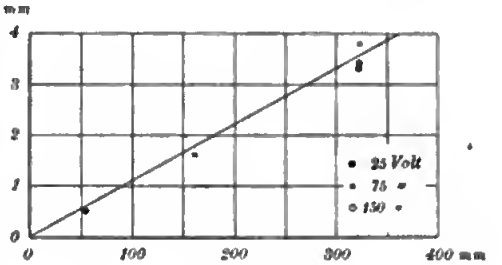


Fig. 4.

Daß tatsächlich ein verschiedener Einfluß verschiedener Metalle auf die Größe von Δ vorhanden ist, zeigt eine Versuchsreihe, die sich von der in Fig. 2 dargestellten nur dadurch unterscheidet, daß die Magnaliumnadel zunächst schwach verkupfert und dann schwach vergoldet ist. Wir haben hier also eine vergoldete Nadel und vergoldete Quadranten. In diesem Falle ergibt sich Δ unter den oben angegebenen Bedingungen im Mittel zu 0,00009 Volt. Δ ist also erheblich kleiner als bei Verwendung von Magnaliumnadel und vergoldeten Quadranten, aber nicht, wie eigentlich erwartet wurde, gleich Null. Es wurde zunächst vermutet, daß vielleicht die Vergoldung zu schwach wäre, sodaß die darunterliegenden Metalle Magnalium und Kupfer noch wirken könnten; deshalb wurden Versuche mit einer stark vergoldeten Nadel angestellt. Es ergab sich hier unter denselben Bedingungen wie früher im Mittel $\Delta = 0{,}00011$ Volt bei einer Reihe von Versuchen, bei einer späteren Reihe $\Delta = 0{,}00014$ Volt. Die Zahlen zeigen, daß ein Effekt Δ auch dann vorhanden ist, wenn Nadel und Quadranten vergoldet sind.

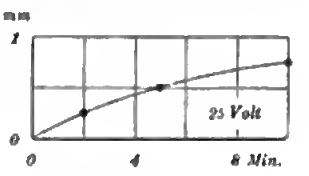


Fig. 5.

Bisher ist der Effekt Δ immer unter der Voraussetzung angegeben worden, daß der ihn erzeugende Ausschlag 10 Minuten lang bestanden hat. Mit der stark vergoldeten Nadel wurde Δ auch bestimmt, nachdem derselbe Ausschlag von 400 *mm* bei 2000 *mm* Skalenabstand 2 bezw. 5 Minuten gedauert hatte. Die Resultate sind in Fig. 5 in einer Kurve aufgetragen, wo die Abszissen die Zeit in Minuten, die Ordinaten die

Größe des Effekts in Skalenteilen angeben. Die Kurve zeigt, daß Δ mit der Zeitdauer des Ausschlages zunächst nahe linear, dann immer langsamer wächst.

Mit der stark vergoldeten Nadel wurde schließlich die Art des Abklingens von Δ mit der Zeit festgestellt. Dazu wurde der Nadel 30 Minuten lang ein einseitiger Ausschlag von 400 *mm* erteilt und dann sofort und weiter in bestimmten Zeitabständen die Größe $\alpha - \beta$ bestimmt. Die Differenz des sofort gemessenen $\alpha - \beta$ gegen das vor Beginn des Ausschlags gemessene $\alpha - \beta$ gibt den Effekt $\Delta = 1{,}6$ *mm*; 1 *mm* ist hier gleich 0,00019 Volt. Die Resultate sind in Fig. 6 in einer Kurve dargestellt. Als Abszisse ist die Zeit in Minuten angegeben, die seit dem Aufhören des Ausschlages von 400 *mm* verflossen ist. Als Ordinaten sind die zu der betreffenden Zeit gemessenen Δ aufgetragen. Zu dem sofort nach Aufhören des Ausschlags bestimmten Δ gehört die Abszisse 3,5 Minuten, weil wegen der großen Schwingungsdauer des benutzten Systems im Mittel diese Zeit nötig war, um die beiden Ablesungen zur Bestimmung von $\alpha - \beta$ zu machen. Die Kurve zeigt, daß der Effekt Δ verhältnismäßig langsam, und zwar mit fortschreitender Zeit immer langsamer, abklingt.

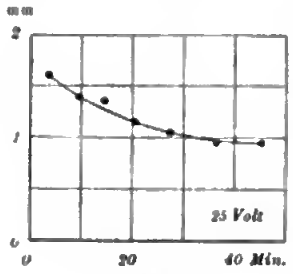


Fig. 6.

Bei Benutzung der Magnaliumnadel und vergoldeter Quadranten wurde ein noch langsameres Abklingen beobachtet. Der Ausschlag von etwa 400 *mm* hatte hier etwa 10 Minuten lang bestanden. Die zu den Abszissen 3, 11 und 19 Minuten gehörigen Δ ergaben sich hier zu 1,9, 1,8 und 1,8 *mm* (1 *mm* = 0,00023 Volt).

Das langsame Abklingen von Δ rechtfertigt das im vorstehenden angewandte Verfahren zur Messung des Effekts Δ. Tatsächlich ist dieser bei allen Versuchen etwa 3,5 Minuten nach Aufhören des betreffenden Ausschlages gemessen. Der durch diesen erzeugte Gesamteffekt ist also größer als das gemessene Δ, und zwar um den Betrag, um den der Effekt in den 3,5 Minuten abgenommen hat. Man erhält diesen Betrag aus Fig. 6, wenn man die Kurve bis zum Schnitt mit der Ordinate verlängert (punktiert gezeichnet) zu etwa $0{,}1_5$ *mm*, aus der Beobachtung mit Magnaliumnadel und vergoldeten Quadranten zu $0{,}0_5$ *mm*, sodaß der Gesamteffekt etwa 10 % bezw. etwa 3 % größer sein würde als das gemessene Δ. Eine diesbezügliche Korrektion an den Werten von Δ anzubringen, erübrigt sich, weil der Fehler im Absolutwert für Δ sicher 10 % überschreitet.

Durch die vorstehenden Resultate ist der Effekt Δ vollkommen charakterisiert. Er entsteht dadurch, daß die Nadel in irgend einer Weise die über bezw. unter ihr liegenden Teile der Oberflächenschicht der Quadranten ändert. Und zwar ist diese Änderung unabhängig von Größe und Richtung der an das Elektrometer gelegten Spannungen; sie wächst mit der Zeit, während welcher sich die betreffenden Metalle gegenüber stehen, zunächst linear, dann immer langsamer und klingt verhältnismäßig langsam ab.

Eine genau denselben Gesetzen folgende Wirkung eines Metalls auf die Oberflächenschicht eines anderen hat, wie nach Abschluß der vorliegenden Untersuchung festgestellt wurde, bereits im Jahre 1882 H. Pellat[1]) auf anderem Wege beobachtet und studiert. Seine Versuchsanordnung war kurz folgende. Eine Metallplatte A ist mit einer vergoldeten Messingplatte metallisch verbunden. Nachdem die Kontaktpotentialdifferenz zwischen den Oberflächen beider Platten bestimmt ist, wird zu A

[1]) H. Pellat, *Influence d'un métal sur la nature de la surface d'un autre métal placé à une très petite distance. Journ. d. Phys. 1. S. 416. 1882.*

parallel und in kleinem Abstand von ihr eine andere Platte B gestellt. Nach einigen Minuten wird B wieder entfernt und die jetzt etwas geänderte Kontaktpotentialdifferenz zwischen den Oberflächen von A und der vergoldeten Platte bestimmt. In bestimmten Zeiträumen erfolgende weitere Bestimmungen geben, wenn B entfernt bleibt, den Grad des Abklingens. Ist A eine Zink-, Kupfer-, Gold-Platte, so wird ihre Oberfläche besonders durch Annäherung von Blei und Eisen geändert, nachweisbar noch durch Kupfer, Gold und Platin, nicht nachweisbar durch Zink. Pellat findet in Übereinstimmung mit den vorstehenden Versuchen, daß auch Gold gegen Gold eine Oberflächenänderung bewirkt.

Zur physikalischen Deutung der Vorgänge, die die besprochenen Änderungen der Oberflächenschichten bewirken, genügen weder die Versuche von Pellat noch die hier beschriebenen. Um darin eventuell einen Schritt weiterzukommen, wurden einige Versuche über die Abhängigkeit des Effekts Δ von der Feuchtigkeit der Luft im Elektrometer angestellt. Trotzdem sie für die Beurteilung der Natur des Effekts Δ nichts Sicheres ergeben haben, mögen die Resultate, weil sie eine praktische Bedeutung für das Arbeiten mit Quadrantelektrometern haben, hier kurz mitgeteilt werden.

Die bisher mit Feuchtigkeit gesättigte Luft im Elektrometer wurde durch metallisches Natrium getrocknet. Die Trocknung hatte einen starken Einfluß auf die Kontaktpotentialdifferenz zwischen den beiden Quadrantenpaaren. Während bei Benutzung der starkvergoldeten Nadel bei feuchter Luft $\alpha - \beta = 15{,}4\ mm$ war, wo $1\ mm = 0{,}00019$ Volt ist, ergab sich nach dem Einbringen des Natriums nach 20 Stunden $\alpha - \beta = 6{,}1$, nach 35 Stunden $\alpha - \beta = 2{,}1$, nach 63 Stunden $\alpha - \beta = -0{,}9$ und nach 108 Stunden $\alpha - \beta = -6{,}2$. Der Effekt Δ änderte sich während dieser Zeit sehr auffällig. 20 Stunden nach Einbringen des Natriums war er etwa 10-mal so groß als bei feuchter Luft, nach 35 Stunden hatte er wieder stark abgenommen, und nach 108 Stunden war er nur noch etwa doppelt so groß als anfangs bei feuchter Luft. Außerdem zeigte er sich oft durch einen anderen, auch von der Zeit abhängigen Effekt gestört, der stark durch die Nadelspannung beeinflußt wird und sich bei feuchtem Elektrometer nur zeigte, wenn Spuren von Fett auf den Quadrantenoberflächen vorhanden waren. Er ist offenbar durch Kriechen von Ladung auf solche Fetthäutchen zu erklären. Bei feuchtem Elektrometer konnte dieser zweite Effekt stets durch sorgfältiges Reinigen der Quadrantenflächen mit Natronlauge und destilliertem Wasser beseitigt werden. Bei den oben angegebenen Versuchen mit der Magnaliumnadel (*S. 63*) war er bei feuchtem Elektrometer nicht nachweisbar. Nach dem Trocknen des Instruments mit Natrium überdeckte er den Effekt Δ vollkommen. Wurde die Luft im Elektrometer wieder feucht gemacht, so trat nach einiger Zeit wieder allein der Effekt Δ auf.

Schließlich sei noch eine Erscheinung kurz erwähnt, die bei Versuchsreihen mit den beiden Goldnadeln und mit einer Magnaliumnadel beobachtet wurde. Nach mehrtägigem Trocknen des Elektrometers mit Natrium trat — entgegen dem sonstigen Verhalten — eine Unruhe der Null-Lage ein, die ein genaues Beobachten unmöglich machte. Die Nadel zeigte in unregelmäßigen Zeitabständen plötzlich kleine Ausschläge nach der einen oder anderen Richtung, die im Maximum 3 *mm* bei 2000 *mm* Skalenabstand erreichten. Diese Störungen sind nicht durch Erschütterungen verursacht. Wie sie zu erklären sind, muß dahingestellt bleiben.

Alles in allem gewinnt man den Eindruck, daß im mit Natrium getrockneten Elektrometer Störungen auftreten, die sich am feuchten Elektrometer nicht zeigen.

Es ist also für das Arbeiten mit hochempfindlichen Quadrantelektrometern vorteilhaft, die Luft im Elektrometergehäuse absichtlich feucht zu halten. Bei dynamischen Messungen, wo es auf höchste Isolation nicht ankommt, kann man das unbedenklich tun. Meist wird die im Beobachtungsraum vorhandene Luftfeuchtigkeit genügen.

Es bleibt jetzt noch übrig zu erörtern, welchen Einfluß der Effekt Δ auf die Genauigkeit der Messungen in der Quadrantschaltung hat. Wie schon auf *S. 61* erwähnt, äußert sich der Effekt Δ darin, daß man keinen vollkommen konstanten Ausschlag erhält, sondern daß ein geringes Kriechen der Nadel auftritt. Dadurch ist natürlich an sich eine Ungenauigkeit der Messung bedingt, die um so größer werden muß, je größer der Effekt Δ, je empfindlicher das Elektrometer und je höher die Nadelspannung V_0 ist. Ein kleiner Kunstgriff erlaubt jedoch, diese Ungenauigkeit, auch wenn der Effekt Δ sich bei der Messung verhältnismäßig stark äußert, fast zu eliminieren. Man erreicht dies, wenn man in der von Hrn. Orlich *angegebenen Weise kommutiert*[1]), *und wenn man außerdem immer nach derselben Anzahl von Sekunden nach dem Kommutieren abliest.* Dies ergibt sich aus einer Betrachtung des Orlichschen Kommutierungsverfahrens unter Verwertung der für den Effekt Δ gefundenen Gesetze.

Die allgemeine Elektrometergleichung für den Fall der Quadrantschaltung lautet[2]):

$$a_0 V_0^2 + a_1 V_1^2 + b_1 V_0 V_1 + c_0 V_0 + c_1 V_1 = D a,$$

wo $D = (1 + \mathfrak{A} V_0^2)$ zu setzen ist. Die Konstante $\mathfrak{A}$ kann man stets durch bestimmte Maßnahmen gleich Null machen[3]). Wir setzen deshalb für die folgende Betrachtung $D = 1$; c_0 enthält die Kontaktpotentialdifferenz zwischen den beiden Quadrantenpaaren, c_1 diejenige zwischen Nadel und Quadranten.

Das Orlichsche Kommutierungsverfahren geht in leicht verständlicher Weise aus dem nachfolgenden Schema hervor. $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$ bedeuten die Ausschläge.

V_0	V_1	$a_0 V_0^2$	$+ a_1 V_1^2$	$+ b_1 V_0 V_1$	$+ c_0 V_0$	$+ c_1 V_1$	
−	+	+	+	−	−	+	$= \alpha$
+	+	+	+	+	+	+	$= \beta$
+	−	+	+	−	+	−	$= \gamma$
−	−	+	+	+	−	−	$= \delta$

Sind während der Dauer einer Beobachtung c_0 und c_1 konstant, so fallen sie durch das Kommutierungsverfahren heraus, und man erhält für die Quadrantschaltung die einfache Gleichung

$$\alpha - \beta + \gamma - \delta = -4 b_1 V_0 V_1.$$

Kleine Änderungen von c_1 während der Beobachtung, die nach obigen Ausführungen sicher vorhanden sein werden, haben auf die Messung keinen Einfluß, weil c_1 mit der kleinen Spannung V_1 multipliziert in die Gleichung eingeht. Wir können also c_1 als konstant ansehen. Anders ist es mit c_0. Der Ausschlag möge immer t Sekunden nach dem Kommutieren abgelesen werden. Nach t Sekunden ist nach dem früheren infolge der Ablenkung der Nadel die Kontaktpotentialdifferenz zwischen den Quadrantenpaaren z. B. etwas größer geworden, sodaß in der ersten Reihe statt c_0 zu setzen ist $c_0 + \varepsilon$. t Sekunden nach dem Kommutieren, wodurch ein etwa gleich

[1]) Orlich, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 102. 1903.*
[2]) *A. a. O.*
[3]) H. Schultze, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 147. 1906*; **27.** *S. 72. 1907.*

großer Ausschlag in umgekehrter Richtung eintritt, ist die Kontaktpotentialdifferenz wieder um etwa ebensoviel kleiner geworden, sodaß in der zweiten Reihe wieder c_0 zu setzen ist. Analog ist in der dritten Reihe $c_0 + \varepsilon$ und in der vierten Reihe c_0 zu setzen. Bildet man jetzt $\alpha - \beta + \gamma - \delta$, so sieht man, daß sowohl die c_0 wie die ε, mithin die Kontaktpotentialdifferenzen trotz ihrer Inkonstanz aus dem Resultat herausfallen.

Hierbei ist allerdings die Annahme gemacht, daß der in t Sekunden bei gleichem Ausschlag entstehende Effekt Δ, mithin auch die Größe ε, bei allen vier Kommutierungen der gleiche ist. Tatsächlich ist das, wie Tabelle I zeigt, nicht genau der Fall, und daraus resultiert eine kleine Unsicherheit. Da $c_0 \Gamma_0 = (\alpha - \beta)/2$ zu setzen ist (*S. 62*), wenn $D = 1$ ist, haben wir für den Fall der Tab. I als Anteil der Glieder $c_0 \Gamma_0$ den Betrag $(-16{,}9 - 16{,}0 + 17{,}1 + 16{,}3) = +0{,}5$, während $\alpha - \beta + \gamma - \delta = 1709$ ist, also eine Unsicherheit von 0,03%. Hierbei wurde eine Magnaliumnadel verwandt, und es war $t = 10$ Minuten. Nimmt man eine vergoldete Nadel, so ist wegen der geringeren Größe des Effekts (*S. 65*), die Unsicherheit viel geringer. Da man außerdem nicht 10 Minuten, sondern spätestens je 1 Minute nach dem Kommutieren ablesen wird, so wird die mögliche Unsicherheit noch kleiner (*S. 65*).

Bei der in vorliegender Arbeit angenommenen Elektrometerempfindlichkeit (*S. 62*) ist bei Verwendung einer vergoldeten Nadel und vergoldeter Quadranten das durch den Effekt Δ veranlaßte Kriechen der Nadel so gering, daß es leicht der Beobachtung entgeht. In einer früheren Arbeit[1]), die veröffentlicht wurde, ehe der Effekt Δ genauer studiert war, war deshalb angenommen, daß in diesem Falle überhaupt kein Kriechen der Nadel auftritt, daß also unter allen Umständen das Instrument, mit Gleichstrom geeicht, unabhängig von Frequenz und Kurvenform die zeitlichen Mittelwerte der Wechselstromgrößen geben müßte. Diese Angabe bedarf nach den jetzt vorliegenden Erfahrungen insofern einer Ergänzung, als bei noch empfindlicheren Elektrometern oder bei höherer Nadelspannung sich auch bei Verwendung vergoldeter Nadeln und Quadranten der Effekt Δ störend geltend machen wird und in der erwähnten Weise zu eliminieren ist.

In der Arbeit von H. Pellat (*S. 66*) ist die Angabe von Interesse, daß Zink gegen Gold, Kupfer und Zink den besprochenen Effekt Δ nicht zeigt. Danach erscheint es nicht ausgeschlossen zu sein, daß bei Verwendung verzinkter Nadeln der Effekt Δ überhaupt ganz verschwindet. Versuche darüber sollen, sobald das bei diesen Versuchen verwandte Elektrometer, das augenblicklich für andere Untersuchungen benutzt wird, wieder verfügbar ist, angestellt werden.

Schließlich sei kurz auf den Einfluß hingewiesen, welchen der Effekt Δ auf die Messungen in den beiden anderen üblichen Elektrometerschaltungen hat. Dieser Einfluß ist für Messungen in der idiostatischen Schaltung[2]) für die bisher erreichten Elektrometerempfindlichkeiten praktisch gleich Null; in der Nadelschaltung[3]) kann er sich dagegen geltend machen. Seine störende Wirkung läßt sich durch denselben Kunstgriff eliminieren wie in der Quadrantschaltung.

Charlottenburg, im Februar 1908.

---

[1]) H. Schultze, *diese Zeitschr.* **27**. *S. 75. 1907.*
[2]) Orlich, *diese Zeitschr.* **23**. *S. 107. 1903.*
[3]) *A. a. O. S. 104.*

Bestimmung des Mitschwingens bei Pendelapparaten mittels des Niveaus.

Von
O. Hecker in Potsdam.

Bei der Ausführung von Schwerkraftsbestimmungen durch Pendelbeobachtungen ist es erforderlich, das Mitschwingen des Pendelstativs, das durch die Schwingungen des Pendels verursacht wird, zu messen. Der lineare Betrag, um welchen das Lager des Pendels infolge der Pendelschwingungen sich hin- und herbewegt, ist bei solider Aufstellung des Pendelapparates klein, er beträgt nur wenige tausendstel Millimeter, aber die hohen Anforderungen, welche in neuerer Zeit an die Genauigkeit der Schwerkraftbestimmungen gestellt werden, erfordern durchaus eine genaue Bestimmung der Größe des Mitschwingens. Man kann eine solche Bestimmung nach verschiedenen Methoden ausführen, die entweder dynamischer oder statischer Art sind.

Zu den dynamischen Methoden gehört zunächst die Zwei-Pendel-Methode, bei der gemessen wird, welche Amplitude ein beruhigtes Pendel durch ein auf demselben Stativ und in derselben Richtung schwingendes Pendel nach einer gewissen Zeit erhält. Eine zweite Methode ist die Dynameter- oder Wippmethode, bei der die Konsole eines Pendelapparates mittels eines Federapparates rhythmische Stoß- oder Zugbewegungen in horizontaler Richtung von bestimmter Größe erfährt.

Diese Methoden, die hauptsächlich im Geodätischen Institut in Potsdam von den Hrn. Prof. Borraß, Furtwängler, Haasemann, Kühnen und Schumann theoretisch und praktisch ausgebildet wurden, sind in verschiedenen Veröffentlichungen des Geodätischen Institutes an anderen Orten beschrieben[1]).

Die statischen Methoden unterscheiden sich von den dynamischen dadurch, daß auf das Pendellager nicht rhythmisch mit der Schwingung des Pendels eine horizontale Kraft einwirkt, sondern daß das Pendellager einen konstanten seitlichen Zug erfährt, und daß die hierdurch hervorgerufene Verschiebung gemessen wird.

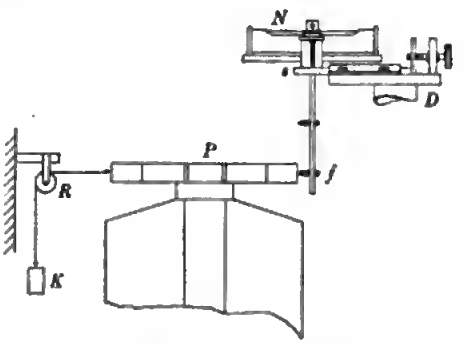
Als älteste statische Methode ist zu nennen die Fühlhebelmethode von Plantamour. Ein Fühlhebel, der an einem von dem Pendelpfeiler unabhängig aufgestellten Stativ befestigt ist, lehnt sich gegen die Pendelkonsole. An dem Fühlhebel ist ein Spiegel befestigt, der die Bewegungen des Hebels mittels Fernrohr und Skale zu messen erlaubt. Wesentlich genauer als diese Methode ist die Spiegelmethode von Nagaoka, bei der um eine mit einem Spiegel versehene, sehr leicht bewegliche dünne Achse ein feiner Metallfaden geschlungen ist, der einerseits an der Lagerkonsole des Pendels, andrerseits an einem von dem Pendelapparat und seinem Pfeiler unabhängigen Stativ befestigt ist, an letzterem unter Zwischenschaltung einer feinen Spiralfeder. Wird nun an der entgegengesetzten Seite des Pendelapparates ein seitlicher Zug ausgeübt, so erfolgt eine Drehung der Achse, deren Bewegung mittels Fernrohr und Skale gemessen wird. Hieraus läßt sich die Größe der unter der Einwirkung des Zuges erfolgten linearen Verschiebung des Pendellagers berechnen.

An Stelle dieser Methode läßt sich mit Vorteil eine andere benutzen, die in folgendem kurz beschrieben werden soll.

Die Figur auf *S. 71* gibt ein schematisches Bild der Einrichtung. Auf einem weitausgreifenden, von dem Pendelpfeiler unabhängigen Röhrenstativ *D*, das in

[1]) Vgl. *Veröffentl. d. Königl. Geodät. Instituts. Neue Folge Nr. 9. 19 u. 23; Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902. S. 245; diese Zeitschr.* **19.** *S. 375. 1899.*

der Figur nur angedeutet ist, ist ein Schlittensupport angebracht. Dieser trägt zwei Stahlplatten, die die Lager für eine wie ein Wagebalken auf zwei Spitzen s schwingende Platte bilden. Von der Platte geht ein starrer Arm nach unten, oben ist auf ihr ein feines Niveau N befestigt. Die Platte nebst Niveau wird nun mittels des Supportes so weit dem Pendelapparat P genähert, daß sich eine im unteren Arm angebrachte Stahlschraube f leicht gegen den Pendelapparat legt und die Blase des Niveaus einspielt. An der entgegengesetzten Seite des Pendelapparates wird dann an einem Haken eine Schnur befestigt; diese läuft über eine Rolle R, die an einem vom Pendelpfeiler unabhängigen Stativ angebracht ist. An diese Schnur werden die Gewichte K gehängt, die also auf P einen horizontalen Zug ausüben.



Diese Methode hat vor den anderen statischen Methoden den Vorteil, daß ihre Empfindlichkeit sich sehr weit steigern läßt. Letztere hängt ab von dem Teilwert des benutzten Niveaus und von der Länge des Hebelarms, der sich gegen die Konsole des Pendelapparates stützt.

Ein weiterer Vorteil ist, daß die kleinen Erschütterungen des Bodens, die leicht ein Zittern des Bildes bei dem Spiegelapparat von Nagaoka bewirken können, hier ohne Bedeutung sind.

Für die Berechnung des Mitschwingens kann man von einem Ausdruck ausgehen, der zuerst von C. S. Peirce[1]) entwickelt wurde, nämlich es ist

$$l' = l\left(1 + \frac{Mg\,h}{s\,l^2}\right).$$

Hierin ist l' die gestörte, l die wahre Pendellänge; da ferner $\frac{Mg}{s}$ die Verschiebung des Pendellagers unter dem horizontalen Druck Mg ist, so folgt hieraus weiter, daß $l'-l$ gleich ist der Verschiebung des Pendellagers unter einem Druck gleich dem Gewicht des Pendels w, multipliziert mit dem Schwerpunktsabstand h von der Drehungsachse und dividiert durch die Pendellänge l. Es ist also

$$l'-l = \frac{w\,h}{l}.$$

Führt man hierin statt der Pendellänge die Schwingungsdauer s ein, und nennt man n die Verschiebung des Pendellagers in cm durch einen Zug von 1 kg, so wird die Korrektion wegen Mitschwingens

$$\sigma = -\frac{\pi^4\,w\,h}{2\,s_0^2\,g^2}\,n,$$

eine Formel, die auch Nagaoka für die Berechnung des Mitschwingens seines Spiegelapparates zugrunde gelegt hat.

Den Faktor von n auf der rechten Seite der Formel kann man für ein bestimmtes Pendel mit hinreichender Genauigkeit als konstant betrachten. Es ist z. B. für die meisten Pendel des Geodätischen Institutes für einen Zug von 1 kg

$$\sigma = -106800 \cdot n$$

in Einheiten der 7. Dezimale der Sekunde. Die Größe n erhalten wir durch die Ablesung des Niveaus und die Messung des gegen das Pendellager sich stützenden

[1]) Verhandl. d. 5. Allgemeinen Konferenz der Europäischen Erdmessung zu Stuttgart 1877.

Hebelarms. Hat sich die Blase des Niveaus um m Teilstriche verschoben, ist der Teilwert des Niveaus gleich p Bogensekunden, die Länge des Hebelarms a *cm*, so ist die lineare Verschiebung

$$n = \frac{m\,p\,a}{206265}.$$

Bei dem benutzten Apparat war $p = 1{,}12''$ und $a = 10{,}08$ *cm*, und es ist somit für einen Zug von k *kg* die Korrektion für Mitschwingen

$$\sigma = -\frac{5{,}80\,m}{k} \cdot 10^{-7}\ \text{Sek.}$$

Hr. Dr. Grabowsky aus Krakau, der sich zu seiner Information am Geodätischen Institute aufhielt, hat Bestimmungen des Mitschwingens nach dieser Methode mit gutem Erfolge ausgeführt.

Es sei noch erwähnt, daß die dynamische und die statische Bestimmung des Mitschwingens etwas voneinander abweichende Werte ergeben. Die statischen Methoden geben im allgemeinen einen etwas größeren Betrag für das Mitschwingen, was sich leicht daraus erklärt, daß bei länger dauernder Belastung infolge des elastischen Nachziehens eine größere lineare Verschiebung erfolgt. Im allgemeinen ist dieses aber ohne Bedeutung, wenn die Größe des Mitschwingens auf den Stationen nicht erheblich voneinander verschieden ist. Immerhin wird es sich jedoch empfehlen, auf den Stationen, die aneinander angeschlossen werden, gleichartige Bestimmungen auszuführen.

Über Stand-Phototheodolite und deren Gebrauch an Bord eines Schiffes.

Von

Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

1. Zweck der Apparate. In gleicher Weise wie die in dem Prospekt Mess. 145 ausführlich beschriebenen[1]) und für den Feldgebrauch (wechselnde Standorte) bestimmten Feld-Phototheodolite dienen die Stand-Phototheodolite in Verbindung mit dem Stereo-Komparator für *die Erforschung und Ausmessung entfernter*, mehr oder weniger schwer zugänglicher *Objekte*. Ihre Verwendbarkeit ist im allgemeinen auf vorher bestimmte und ungefähr in gleicher Höhe gelegene Standorte beschränkt.

Die erste praktische Erprobung der von mir im Jahre 1902 für die Küstenvermessung vom Schiff aus — Benutzung der Schiffslänge als Basis — empfohlenen stereophotogrammetrischen Methode und der hierfür konstruierten Apparate erfolgte an Bord S. M. S. „Hyäne“ im Herbst 1904[2]). Aus diesen Versuchen, durch die die Brauchbarkeit der Methode für die Küstenvermessung vom Schiff aus und für einige andere, weiter unten genannte Aufgaben erwiesen wurde, sind die *Stand-Phototheodolite* hervorgegangen, deren Konstruktion und Handhabung dann den besonderen Anforderungen dieser Aufgaben tunlichst angepaßt wurden. Die neuen Apparate sind seitdem sowohl in der deutschen als auch in der russischen und österreichischen Marine im Gebrauch.

[1]) In *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 312. 1907* referiert.

[2]) Vgl. Pulfrich, Vortrag geh. auf der Naturforscherversammlung in Breslau, 26. Sept. 1904. *Astronom. Nachr.* **166.** *Nr. 3971* und *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 255. 1904.*

Die Stand-Phototheodolite sind daher in erster Linie zu empfehlen für *Vermessungsfahrzeuge und Expeditionsschiffe*, sowie ferner für *Kriegs- und Handelsschiffe*: außer zu dem vorgenannten Zweck können sie hier mit Vorteil benutzt werden für die Vermessung vorbeifahrender Schiffe und für die Ermittelung der Gefechtsstellung manövrierender Flotten — man vgl. das in dem Prospekt Mess. 145, *S. 9*, abgebildete Beispiel einer solchen Gefechtsaufnahme — sowie *für die Festlegung der Geschoßeinschläge beim Scheibenschießen auf dem Meere*, für die *Ausmessung von Meereswellen* und *schwimmenden Eisbergen*, für *Wolkenhöhenmessungen* und für anderes.

Für einen Teil dieser Aufgaben kann die Aufstellung der Apparate statt auf einem Schiffe *auch auf dem Lande*, in der Nähe der Küste, mit einer beliebig groß gewählten Standlinie erfolgen.

Im übrigen finden die Stand-Phototheodolite an Land noch da nützliche Verwendung, wo es darauf ankommt, in einem bestimmten Terrain, mit einer für stereophotogrammetrische Aufnahmen passend gewählten, angenähert horizontal gelegenen Standlinie, *den Ort der in diesem Terrain sich bewegenden Objekte zu ermitteln*, sowie endlich auch für die *Ermittelung der Geschoßbahn* und des *Geschoßeinschlages auf Artillerie-Schießplätzen*.

Für die Lösung der sämtlichen vorgenannten Aufgaben sind, da die Aufnahmen an den Endpunkten der Standlinie gleichzeitig erfolgen müssen, *jedesmal zwei unter sich vollkommen gleiche Stand-Phototheodolite* erforderlich, d. h. die von den beiden Apparaten von demselben Standort aus aufgenommenen Bilder dürfen hinsichtlich der Lage der Bildpunkte zueinander und zu den beiden Lochmarken im Anlegerahmen keine größeren Abweichungen als 0,01 *mm* aufweisen. Wie dieses Ziel erreicht worden ist, soll hier nicht weiter erörtert werden.

2. Einrichtung der Apparate. Von den Feld-Phototheodoliten unterscheiden sich die Stand-Phototheodolite durch den Wegfall der Teilkreise, der Libellen, des durchschlagbaren Fernrohrs und der Mikrometerschraube zur Messung der Standlinie. Jeder Apparat besteht aus einer mit einem festem Visierfernrohr versehenen Kamera auf einer von einem kräftigen Dreifuß getragenen Drehungsachse. Die *Justierung* ist im wesentlichen die gleiche wie bei dem Feld-Phototheodolit. Insonderheit steht die Verbindungslinie der beiden Lochmarken im Anlegerahmen genau parallel zur vertikalen Drehungsachse des Apparates, und die optische Achse des photographischen Objektivs steht auf der Verbindungslinie der Lochmarken und auf dem Anlegerahmen senkrecht. Das Visierfernrohr ist dem Anlegerahmen parallel gerichtet und steht senkrecht auf der vertikalen Drehungsachse des Apparates. Das Fernrohr steht somit auch auf der optischen Achse des photographischen Objektivs senkrecht.

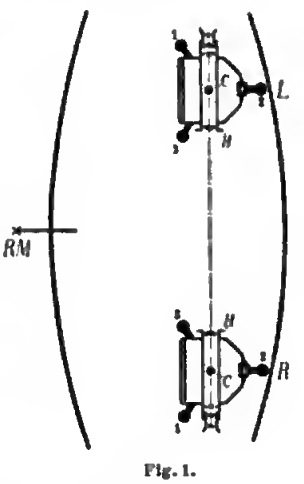


Fig. 1.

Jede Kamera hat zwei mit dem Fernrohr von der gegenüberliegenden Station aus leicht erkennbare *Visiermarken*, eine horizontale Visiermarke *HH* (siehe Fig. 1 u. 5) unmittelbar vor dem Objektiv des Visierfernrohrs und einen genau über der Mitte der Drehungsachse angebrachten *Vertikalstab C* (siehe Fig. 1 u. 8).

Auf jeder Kamera ist ein *Visierrechen* für die Richtung der optischen Achse und für die seitliche Begrenzung des von der Platte aufgenommenen Bildes angebracht.

Ein Unterschied der beiden, für eine Stereo-Aufnahme zusammengehörigen Stand-Phototheodolite besteht nur in bezug auf die relative Lage des Visierfernrohrs, der Mikrometerschrauben und der Stellschrauben am Dreifuß zur Kamera, und zwar darin, daß *der eine Apparat das Spiegelbild des anderen* darstellt (vgl. Fig. 1), wobei der Spiegel in der Mitte zwischen den beiden Stationen, senkrecht zur Standlinie gedacht ist (siehe auch die weiter unten abgebildeten Apparate).

3. Aufstellen der Stative. Die zur Aufnahme der Apparate bestimmten Stative werden an Bord eines Schiffes in möglichst großem Abstande voneinander *an einer der beiden Bordseiten des Schiffes* in gleicher, möglichst großer Höhe über der Wasseroberfläche so aufgestellt, daß man mit jedem der beiden Fernrohre das Fernrohr der

Fig. 2.
Die an Bord S. M. S. „Möwe" aufgestellten Stand-Phototheodolite (Plattenformat 9 × 12 cm, Brennweite 127 mm) in ihrer relativen Lage zueinander.

gegenüberliegenden Station sehen kann (Fig. 1), und in dieser Lage mit dem Schiffskörper in feste Verbindung gebracht. Auf jedem Stativ ist dann die mit drei Lagern für den Dreifuß des Apparates versehene Bodenplatte zu befestigen und so *auszurichten, daß die Verbindungslinie zweier Fußpunkte* (in Fig. 1 die beiden Punkte 1 und 3) *genau parallel zur Verbindungslinie der beiden Standorte gerichtet ist* (das Nähere dieserhalb siehe unter *6b*).

4. Aufstellen der Apparate. Die zu einer Station gehörigen Apparate, Apparatteile und Kästen sind äußerlich durch den Buchstaben *L* für die *linke Station* und *R* für die *rechte Station* als solche sofort erkennbar gemacht. Ebenso ist im Anlegerahmen für die photographische Platte der Buchstabe *L* bezw. *R* als Transparent angebracht.

Bei der Aufstellung der Apparate auf ihre Stative ist zuerst darauf zu achten, daß der in der Höhe unverrückbare Fuß des Apparates (3 in Fig. 1) auf die der gegenüberliegenden Station zugewandte Seite zu stehen kommt. Die mit Stell-

Digitized by Google

schrauben versehenen Füße (1 und 2 in Fig. 1) liegen alsdann dem auf der Außenseite der Standlinie stehenden und nach der gegenüberliegenden Station visierenden Beobachter bequem zur Hand, ebenso die beiden Mikrometerschrauben und der Hebel zum Festklemmen der Vertikalachse. Außer diesem Platz am Okular des Visierfernrohrs wird für den Beobachter nur noch ein Platz auf der Plattenseite der Kamera für das Einsetzen und Herausnehmen der Kassette verlangt.

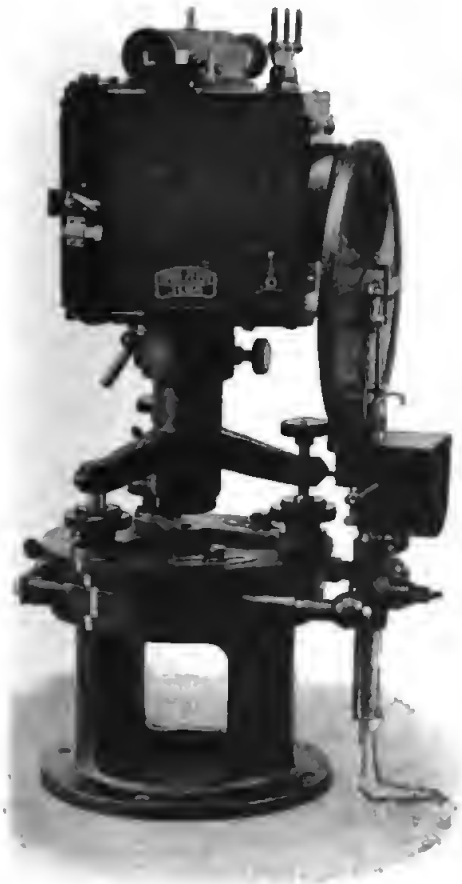


Fig. 3.
Der eine der beiden an Bord des russischen Schulschiffes „Wernij" aufgestellten Stand-Phototheodolite (*L*-Station) Plattenformat 13 × 18 cm, f = 181,5 mm) mit vorgesetztem Momentverschluß.

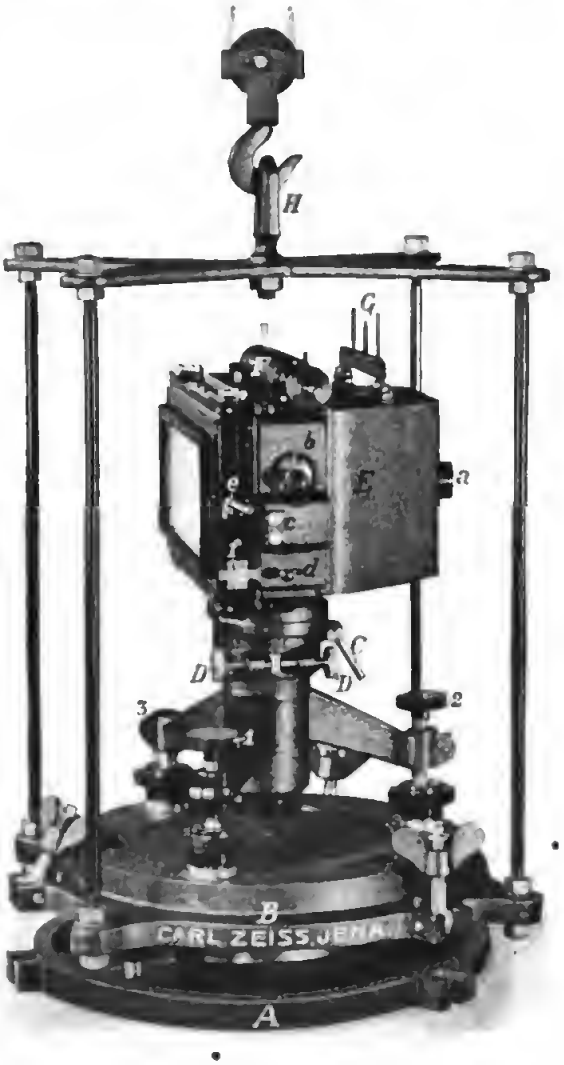


Fig. 4.
Der eine der beiden an Bord S.M.S. „Planet" aufgestellten Stand-Phototheodolite (*R*-Station) (Plattenformat 12 × 30 cm, f = 240 mm) mit eingebautem Rouleaux-Verschluß, mit Traggestell und Bodenplatte *B* unmittelbar vor dem Aufsetzen auf die obere Bodenplatte des für die Aufstellung dienenden Gerüstes.

5. Die für die Justierung der Apparate benötigte Richtmarke (*RM* in Fig. 1) ist an der gegenüberliegenden Bordwand an geeigneter Stelle ungefähr in der Mitte des Schiffes angebracht. Hierfür dient ein einfacher, in feste Verbindung mit dem Schiffskörper gebrachter Vertikalstab mit einer ungefähr in gleicher Höhe mit den beiden Visierfernrohren gelegenen Spitze oder einer weißen Kreislinie als Höhenmarke, die von beiden Stationen aus mit dem Fernrohre anvisiert werden kann (Fig. 6 und 7).

6. Die eigentliche Justierung der Apparate, das Einrichten der beiden Platten in eine Ebene und die Senkrechtstellung der Verbindungslinie der beiden Lochmarken zur

Standlinie, kann jederzeit unabhängig von den Schwankungen des Schiffes *während der Fahrt* vorgenommen werden. Ebenso bleibt die bewirkte Einstellung auch nach erfolgtem Einlegen der lichtempfindlichen Platte *bis zum letzten Augenblick vor der Aufnahme einer unmittelbaren Revision und Berichtigung zugänglich.*

Die Justierung selbst, bei der keiner der beiden Beobachter auf den andern zu warten braucht, geschieht hierbei in folgender Weise:

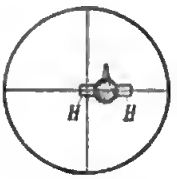


Fig. 5.

a) Auf jeder der beiden Station *L* und *R* wird das Fernrohr durch Drehen des Apparates um die Vertikalachse auf die gegenüberliegende Station gerichtet (vgl. Fig. 1) und durch Drehen an der Stellschraube 1 so eingestellt, daß *der Horizontalfaden im Fernrohre mit der oben genannten horizontalen Visiermarke HH der gegenüberliegenden Station zusammenfällt* (vgl. Fig. 5). *Die Drehungsachse des Photatheodolits steht alsdann senkrecht auf der Standlinie.*

b) Bei der *erstmaligen* Aufstellung der Stative und der Apparate ist im Anschluß an die vorbezeichnete Einstellung des Fernrohrs die oben verlangte *Parallelstellung der Verbindungslinie der beiden Fußpunkte 1 und 3 zur Standlinie einer sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen.* Ein Ausrichten nach Augenmaß ist im allgemeinen hierfür nicht genügend. Man prüft vielmehr die Parallelstellung in der Weise, daß man die Stellschraube 2 auf- und niederschraubt, wobei der Apparat alsdann um die Verbindungslinie 1 3 als Achse eine Drehung ausführt. Hierbei macht sich jede Abweichung in der Richtung der Verbindungslinie 1 3 zur Standlinie im Gesichtsfeld des Fernrohrs durch ein Heben oder Senken des Horizontalfadens zur anvisierten Horizontalmarke *HH* bemerkbar, und es ist die Aufgabe des Beobachters, diese relative Höhenverschiebung von Faden und Marke durch geringes Drehen der Bodenplatte auf ihrer Unterlage zum Verschwinden zu bringen. Wird die Bodenplatte alsdann in dieser Lage auf dem Stativ definitiv befestigt, so kann in allen späteren Fällen die angegebene Revision unterbleiben.

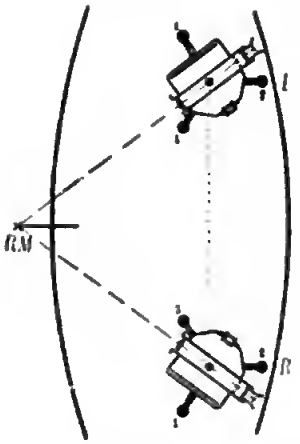


Fig. 6.

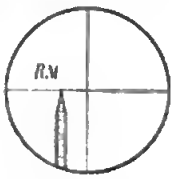


Fig. 7.

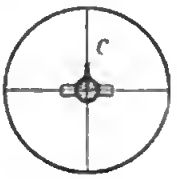


Fig. 8.

c) Das Fernrohr wird hierauf auf die seitlich gelegene Richtmarke *RM* gerichtet (vgl. Fig. 6) und durch Drehen an der Stellschraube 2 so eingestellt, daß *der Horizontalfaden im Fernrohre mit der Richtmarke RM zusammenfällt* (vgl. Fig. 7).

Da hierdurch die Normalstellung der Drehungsachse zur Standlinie in keiner Weise beeinflußt wird, so steht jetzt die Drehungsachse des Phototheodolits senkrecht auf der durch die beiden Fernrohre und die Richtmarke gelegten Ebene.

d) Endlich wird das Fernrohr wieder auf die gegenüberliegende Station gerichtet und mit Hülfe der beiden Mikrometerschrauben und des Hebels zum Festklemmen der vertikalen Drehungsachse so eingestellt und festgeklemmt, daß der Vertikalstrich im Fernrohr mit dem Vertikalstab *C* auf der gegenüberliegenden Station genau zusammenfällt (vgl. Fig. 8). Diese Einstellung ist dann bis zum letzten Augenblick unmittelbar vor der Aufnahme von jedem der beiden Beobachter mit größter Sorgfalt zu revidieren und immer

wieder zu berichtigen, da von ihr die Richtigkeit der gemessenen Entfernung in erster Linie abhängt.

Damit ist der bekannten Bedingung für stereophotogrammetrische Aufnahmen, daß die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene liegen und die Verbindungslinien der beiden Lochmarken einander parallel gerichtet sein müssen, mehr als ausreichend Genüge getan.

Für den Gebrauch der Stand-Phototheodolite *an Land* (vgl. Fig. 9) gelten im wesentlichen die gleichen Justier-Vorschriften. Liegen die beiden Stationen nicht genau in gleicher Höhe, so empfiehlt es sich, die Vertikalstellung jeder der beiden Drehungsachsen mit Hülfe einer aufgesetzten Libelle vorzunehmen, wobei dann die oben erwähnte, seitlich angebrachte Richtmarke *RM* und die horizontale Richtmarke *H H* am Fernrohre entbehrt werden können.

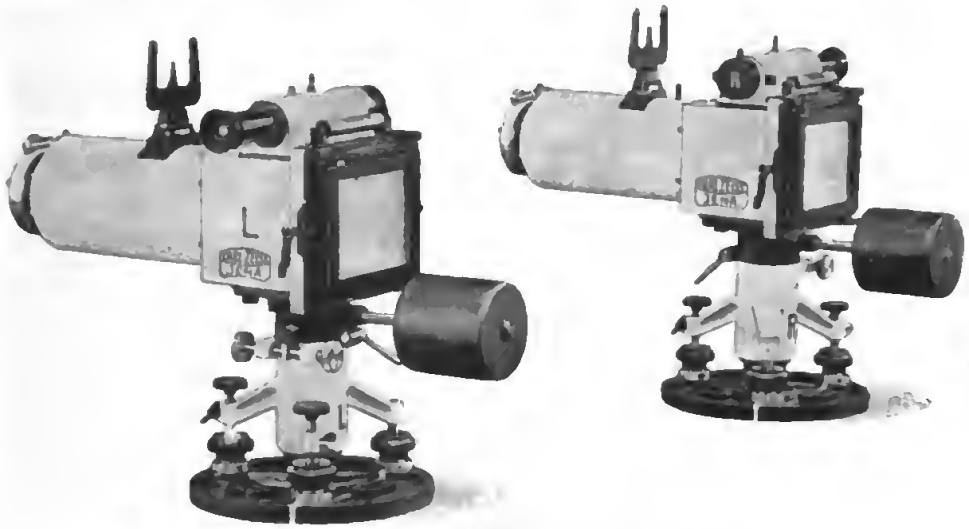


Fig. 9[1]).
Die in Pola an der Küste aufgestellten Stand-Phototheodolite
(Plattenformat 9 × 12 cm, Brennweite 318 mm, Standlinie 696,42 m) in ihrer relativen Lage zueinander.

7. Die *Aufnahme* erfolgt sowohl an Land wie an Bord eines Schiffes *für beide Stationen gleichzeitig* durch elektrisch verbundene Momentverschlüsse.

An Bord des Schiffes wird die Aufnahme jedesmal *während der Fahrt* vorgenommen; notwendig ist nur, daß die Maschine einige Augenblicke vorher abgestellt wird und das Schiff *genau geraden Kurs hält*. Bei nicht zu starkem Wellenschlag gleitet dann das Schiff in der Richtung der Standlinie mit relativ geringen Schwankungen weiter. Die geradlinige Fortbewegung des Schiffes ist für die Genauigkeit der Messung deshalb von großer Bedeutung, weil jede Richtungsänderung des Schiffes auch eine Richtungsänderung der optischen Achse zur Folge hat und weil bei einer solchen Richtungsänderung, soweit es sich um die horizontale Richtung handelt, selbst die kleinste Zeitdifferenz zwischen den beiden Expositionen Bildverschiedenheiten hervorruft, durch welche die zu messende Parallaxe nicht unerheblich gefälscht wird.

Es empfiehlt sich daher für den Leiter der Aufnahme, die Richtung der optischen Achse durch ein besonders aufgestelltes Fernrohr mit Fadenkreuz zu kontrollieren und die Anfnahme in dem Moment zu bewerkstelligen, wenn das Fadenkreuz zur Küste die geringsten seitlichen Verschiebungen erleidet.

Jena, im Februar 1908.

[1]) Vgl. F. Neuffer, Die Portée-Ermittelung bei Schießversuchen gegen die See. *Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens* **35**. *Nr. 12. 1907.*

Referate.

Zweite Studie über den Zirkumzenitalapparat.

Von Fr. Nušl und J. J. Frič. *Bull. internat. de l'Acad. des Sciences de Bohême* **11.** *Sonderabdruck. Lex. 8°. 43 S. m. 1 Taf. Prag 1906.*

Über das erste Modell des Zirkumzenitals der Verfasser (Prof. Dr. Nušl und Mechaniker Frič in Prag), als Modell von 1902 bezeichnet und in der (ersten) „Studie über den Zirkumzenitalapparat", Prag 1903, ausführlich beschrieben, ist auch in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 370. 1903* mit Abbildung referiert worden; es wird für das Folgende hierauf verwiesen. Das neue Modell von 1905 ist wesentlich umgebaut (s. u.); der Ankauf der dazu nötigen optischen Stücke, die in „vollständiger Genauigkeit" von C. Zeiß und von G. & S. Merz geliefert wurden, ist durch eine den Verfassern vom *„Elizabeth Thompson Science Fund"* in Boston gewährte Subvention ermöglicht worden.

Die frühere Konstruktion hat besonders in *vier* Punkten Abänderungen und Ergänzungen erfahren, nämlich: 1. das Prisma vor dem Objektiv ist durch ein Spiegelkreuz ersetzt worden, da sich bei Anwendung des Prismas Höhenanomalien gezeigt hatten; 2. ein achromatisches umkehrbares Prisma ist eingesetzt worden, das nach Bedarf die einfallenden Strahlen um einen kleinen Winkel ablenkt; 3. die prismatischen Gläser zwischen Objektiv und Spiegelkreuz sind durch neue mit anderem Brechungswinkel ersetzt worden; 4. das Objektiv ist durch eine quadratische Öffnung durchbrochen worden. Diese Änderungen in der Konstruktion, die auch die äußere Erscheinung des Instruments wesentlich beeinflußt haben, werden im ersten Abschnitt der vorliegenden Studie genau begründet und eingehend beschrieben. Es folgt eine Untersuchung über die persönlichen und die wahrscheinlichen Fehler, die den Beobachtungen mit dem neuen Instrument anhaften; die persönlichen Fehler zeigen sich für denselben Beobachter und für Beobachtungen in einem bestimmten Azimut sehr konstant, selbst in langen Beobachtungsreihen. Sodann wird die Änderung des Winkels zwischen den zwei Spiegelebenen des Spiegelkreuzes untersucht, die als der Temperaturänderung proportional angenommen werden darf. Der nächste Abschnitt behandelt die Bestimmung der Uhrkorrektion und gibt zunächst die vollständige Durchführung eines Beispiels mit γ Herc. und α Cassiep. vom 11. Septh. 1905. Im Jahre 1903 wurde als wahrsch. Fehler des vollständigen Durchgangs eines Zeitsterns (Ost oder West), 12 einzelne Momente, $\pm 0{,}03^s$ gefunden, während als w. F. einer einzelnen Uhrkorrektionsbestimmung $\pm 0{,}06^s$ sich ergab. An dem neuen Instrument ist die erste Zahl auf $^2/_3$ gesunken, $\pm 0{,}02^s$, aber der w. F. einer Uhrkorrektionsbestimmung ist immer noch, genau wie früher, doppelt so groß, $\pm 0{,}04^s$. Im Jahre 1903 ist diese Verschiedenheit durch Höhenanomalien zu erklären versucht werden, die jetzt, nach Ersetzung des Objektiv-Prismas durch das Spiegelkreuz, beseitigt sein sollen; die Nichtübereinstimmung besteht aber, wie angedeutet, ganz genau in demselben Verhältnis fort, und die Verf. suchen jetzt ihren Grund in Refraktionsstörungen.

Ein Schlußwort faßt die Vorteile der neuen Einrichtungen zusammen (insbesondere ist zu beachten, daß die Anwendung des umkehrbaren achromatischen Prismas gestattet, in derselben Zeit die Zahl der Beobachtungen zu verdreifachen im Vergleich mit früher) und deutet weitere Verbesserungen an: eine sehr wichtige ist jedenfalls die Verhinderung der Änderungen des Winkels zwischen den zwei Spiegeln des Kreuzes; die Verf. hoffen, sie durch Anwendung eines neuen einfachen Spiegelträgers an Stelle des seitherigen komplizierten zu erreichen. Er besteht aus einem einzigen Metallstück (Invar), und es ist jede Korrektionsvorrichtung an ihm weggelassen. Es ist sicher zu erwarten, daß damit die jetzt schon *hohe* Präzision der Ergebnisse des Instruments weitere Fortschritte machen wird.

Hammer.

Das Planimeter und seine Erfindung.

Von A. Amsler. *Zeitschr. d. Vereins Schweiz. Konkordatsgeometer* **5**. *S. 117, 125. 1907.*

Dieser Vortrag, den der Sohn des noch lebenden Erfinders des Polarplanimeters im Juni v. J. auf der Versammlung des Vereins Schweizerischer Konkordatsgeometer zu Schaffhausen gehalten hat, bildet eine willkommene Ergänzung der in *dieser Zeitschr.* **27**. *S. 375. 1907* besprochenen Arbeit von Doložal über den Antoil der Leobener Montanisten an der Erfindung der Planimeter.

Die Anfänge der mechanischen Bestimmung der Flächeninhalte ebener Figuren werden kurz besprochen: Trigonometer Hermann in München (idee 1814; das Jahr der Ausführung des von Steuerrat Lämmle verbesserten Instruments ist nicht sicher festgestellt, eine Veröffentlichung darüber, von Bauernfeind, datiert erst aus 1855) und der Schweizer Ingenieur Oppikofer (1826), der die nicht in weitere Kreise gedrungene Erfindung Hermanns in anderer Form zum zweiten Mal machte, werden bekanntlich in der Regel als die ersten Planimeter-Konstrukteure genannt; etwas früher als Oppikofer ist aber, wie schon Favaro festgestellt hat, Gonolla in Florenz (1824, orste Veröffentlichuug aus 1825), dem also, wenn in der Geschichte der Wissenschaften die Regel Aragos befolgt werden soll *„de s'appuyer exclusivement sur des publications ayant date certaine"*, die Priorität zukommt. Großherzog Leopold II. von Toskana ließ die Goneliasche Flächenmeßmaschine mit großer Genauigkeit ausführen, und dieses Instrument ist dann bei der Ausmessuug der Flächen aus den Katasterkarten mit großem Erfolg verwendet worden. Der Verf. findet es merkwürdig, daß sowohl Opplkofer als sein Mechaniker Pfäffli nichts von Gonellas Planimeter erfahren haben; ja an dem schweizerischen Planimeter, das 1836 von Ernst in Paris verbessert worden war, hat erst Wetli 1849 den Oppikoferschen Kegel durch eine ebene Scheibe ersetzt, die doch schon Gonolia hatte. Die erste wissenschaftliche Arbeit über dieses Wetlische Planimeter lieferte S. Stampfer in Wien, und bekanntlich ist es von Hansen in Gotha im Anfang der 50-er Jahre wesentlich verbessert worden. Aber die Zeit dieser ältern, sämtlich auf Quadratur in rechtwinkligen Koordinaten sich gründenden Planimeter (zu denen auch das englische von Saug zu zählen ist) war schon so gut wie abgelaufen: sie waren zu schwerfällig und besonders viel zu teuer. Jakob Amsler (senior), damals Professor am Gymnasium in Schaffhausen, der Erfinder des Polarplanimeters, ist zwar bescheiden genug, noch 1856 zu schreiben, daß „alle Instrumente ähnlicher Art", nämlich alle Planimeter, „als notwendige Folgen der Oppikoferschen Erfindung zu bezeichnen" seien. Aber seine eigene überraschend einfache Lösung der Aufgabe, ein handliches *Polar*-Planimeter zu konstruieren, die ihm im Herbst 1854 gelang, war ein gewaltiger Schritt vorwärts; jetzt erst war ein genügend genaues, *billiges* Instrument zur mechanischen Bestimmung („durch Umfahren") ebener Flächeninhalte vorhanden. Noch 1854 wurde das erste Instrument den Hrn. Moser in Schaffhausen und Prof. Mousson in Zürich vorgelegt, im August 1855 das französische Patent auf die Erfindung erworben und 1856 erschien die berühmte erste Abhandlung Amslers über diese Instrumente, die zugleich die Aufgabe wesentlich verallgemeinerte, nämlich außer der Bestimmung der Fläche auch die mechanische Ermittlung des statischen Moments und des Trägheitsmoments, d. h. die mechanische Auswertung der Integrale von der Form $\int y^n \cdot dx$ (wo $n = 1, 2, 3$ der Fläche, dem statischen Moment, dem Trägheitsmoment entspricht) ins Auge faßte. Ganz wenig später als Amsler und unabhängig von ihm ist Miller (später von Hauenfels, in Leoben) auf das Polarplanimeter gekommen, vgl. mein im Eingang genanntes Referat. Welchen Wirkungskreis sich das einfache, billige Instrumentchen J. Amslers rasch eroberte, zeigt am besten die vom Vortragenden angeführte Tatsache, daß bis Mitte 1907 aus der Amslerschen Fabrik in Schaffhausen über 40000 Planimeter hervorgingen.

Auch weniger allgemein bekannt gewordene Planimeterkonstruktionen und Planimotorprojekte (so die von Bunlakowsky in Petersburg, Dechor in Augsburg, J. Gierer, Fuchsbacher in Fürth, Keller in Rom) werden vom Vortragenden kurz erwähnt, der endlich noch den großen Verdiensten G. Coradis in Zürich um die Konstruktion verfeinerter

Planimeter und anderer Integrationsmaschinen Gerechtigkeit widerfahren läßt. Von großem Interesse ist, daß das Prinzip der Coradischen „Kugelplanimeter" schon lange vorher (1858—60) von J. Amsler erwogen worden ist; indessen ist ausgeschlossen, daß Coradi hiervon etwas erfahren hat. Der Vortragende legte eine Manuskript-Abhandlung seines Vaters aus der genannten Zeit vor: „Planimeter ohne gleitende Reibung", in der sich der Satz findet: „Der Umstand, daß bei allen summierenden Planimetern das Laufrädchen eine teils rollende, teils gleitende Bewegung auszuführen hat, hat sich in praxi nicht als erheblicher Übelstand erwiesen. Immerhin ist es interessant, daß sich ein Planimeter konstruieren läßt, welches davon unabhängig ist, und möglicherweise ist das zugrunde liegende Prinzip mit Vorteil anwendbar, wenn es sich um die Erreichung der äußersten Genauigkeit handelt." Es folgt dann in dem Manuskript eine Handskizze und eine kurze Beschreibung des Apparats, dessen Hauptteile Kugelsegment und berührender Zylinder sind, ganz wie bei den Coradischen „Kugelplanimetern", die der mechanischen Ermittlung des Flächeninhalts ebener Figuren so große Genauigkeit verliehen haben. Eine kurze Theorie jenes Planimeters „ohne gleitende Reibung" ist von Amsler sen. beigegeben; ausgeführt hat er aber das Instrument damals ebensowenig wie zahlreiche andere hierher gehörige Ideen. *Hammer.*

Eine einfache Methode zur Bestimmung der periodischen Fehler von Mikrometerschrauben.

Von W. Feigentraeger. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch. 9. S. 251. 1907.*

Verf. schlägt vor, eine durch die zu untersuchende Schraube bewegte Marke, beispielsweise den Faden eines Schraubenmikrometers, durch ein mit einer Okularskale ausgerüstetes Mikroskop zu beobachten. Es ist vorteilhaft, wenn dieses Mikroskop ausziehbar, also pankratisch ist, sodaß man seine Vergrößerung so einstellen kann, daß eine Umdrehung der zu untersuchenden Schraube einer ganzen Zahl von Intervallen — etwa 10 — der Okularskale entspricht. Man stellt dann einfach der Reihe nach mittels der Schraube den Faden, der stark vergrößert erscheint, auf die einzelnen Striche der Skale ein. Zieht man dann von den einzelnen Schraubenablesungen die entsprechenden Vielfachen des Mittelwertes des in Schraubenumdrehungen ausgedrückten Skalenintervalls ab, so sind die verbleibenden Reste direkt die Schraubenfehler.

Das Verfahren ist, wenn ein entsprechendes Mikroskop zur Verfügung steht und fest genug mit der zu untersuchenden Schraube in Verbindung gebracht werden kann, äußerst bequem, wenn auch nicht ganz einwandfrei. Es erfordert nur halb so viele Einstellungen und Ablesungen wie das bekannte Besselsche Verfahren zur Bestimmung der periodischen Fehler, auch fällt das häufige Hin- und Herdrehen der Schraube und das fortwährende Verstellen des Hülfsintervalls fort; endlich ist die Berechnung die denkbar einfachste. Auch ist es günstig, daß die durch die Schraube bewirkte Bewegung des Fadens im Mikroskop vergrößert gesehen wird, wobei sich Fehler dieser Bewegung, etwa seitliche Ausweichungen desselben, leicht erkennen lassen.

Die dem Verfahren anhaftenden Bedenken beruhen einerseits in der Vernachlässigung der Fehler der Skale, andererseits in der Annahme einer während der ganzen Messungsreihe absolut unveränderlichen Verbindung des Mikroskops mit der Schraube. Beim Besselschen Verfahren wird außer der Unveränderlichkeit des Hülfsintervalls lediglich dessen unveränderte Lage bei zwei dicht aufeinander folgenden Einstellungen vorausgesetzt; gerade darin beruht einer der wichtigsten Vorzüge der Besselschen Methode. Verfährt man nach dem Vorschlage des Verfassers, so ist besondere Vorsicht nötig, damit nicht etwa durch eine leichte Erschütterung oder auch durch Temperaturschwankungen die Lage der Schraube gegenüber dem Mikroskop verändert wird. Die Gefahr, durch eine solche Veränderung Fehler zu verursachen, kann der Beobachter jedoch durch geschickte Anordnung des Messungsprogramms erheblich verringern. Jedenfalls müßte man nach Durchmessung einer bestimmten, nicht zu großen Strecke der Skale die Einstellungen sofort in der umgekehrten Reihenfolge wiederholen. Was endlich die Vernachlässigung der Fehler der Skale

Digitized by Google

anbetrifft, so mag diese ja in vielen Fällen zulässig erscheinen, im allgemeinen wird man sie jedoch zuvor bestimmen müssen. Und zwar sind hierbei nicht allein die reinen Teilungsfehler der Skale selbst zu beobachten, sondern es gehen auch die Verzeichnungsfehler des Mikroskopobjektivs mit ihrem ganzen Betrage in die Messung ein. Auch diese wären also bei einer strengen Anwendung des Verfahrens zu berücksichtigen. Hiernach wird sich das beschriebene Verfahren besonders dort nützlich erweisen, wo man — wie in Präzisionswerkstätten oder Prüfungsanstalten — sehr häufig derartige Schraubenuntersuchungen auszuführen hat, sodaß es sich lohnt, einen geeigneten Prüfungsapparat zu bauen und dessen Fehler zu bestimmen.

Zur Verhütung einer irrtümlichen Anwendung der vom Verfasser gegebenen Regeln muß der Ref. noch eine Bemerkung machen. Bei derartigen Fehleruntersuchungen sollte man stets streng unterscheiden zwischen den Begriffen „Fehler" und „Korrektion". Unterläßt man dies, so tritt leicht die Gefahr ein, daß man später die Korrektionen mit falschen Vorzeichen an den Beobachtungen anbringt, sodaß letztere dann gar um den doppelten Betrag der periodischen Schraubenfehler unrichtig werden. Verf. sagt zunächst *S. 251:* „Sind die periodischen *Fehler*, die wir mit $f(x)$ bezeichnen wollen, . . ." und gleich nachher: „$f(x)$ ist dadurch definiert, daß durch Hinzufügen von $f(x)$ zu den Ablesungen x diese den Verschiebungen proportional werden;" hier wird also schon unter $f(x)$ die *Korrektion* verstanden, und dasselbe ist auch in der Definitionsgleichung 2) der Fall. Im Gegensatz hierzu wird dann wieder auf *S. 254* $f(x)$ aus der Gleichung $f(x) = x_\nu - q_\nu$ berechnet, sodaß hier wieder $f(x)$ die Bedeutung des *Fehlers* hat. In der Tabelle *S. 255* wird dann endlich $-(x_\nu - q_\nu)$ wieder als „Fehler" bezeichnet; das ist aber nicht mehr der Fehler der betreffenden Schraubenablesung, sondern ihre *Korrektion:* Fehler und Korrektion haben stets entgegengesetztes Vorzeichen.

J. H.

Verbesserungen an der rotierenden Quecksilber-Luftpumpe.

Von W. Gaede. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9**, *S. 639. 1907.*

Die Gaedesche rotierende Quecksilber-Luftpumpe ist in *dieser Zeitschr.* **27**, *S. 163. 1907* bereits beschrieben. Beim Arbeiten mit der Pumpe hatte sich eine Unzuträglichkeit herausgestellt, daß nämlich die Porzellantrommel zertrümmert wurde, wenn man nach dem Evakuieren unvorsichtigerweise Luft mit großer Geschwindigkeit wieder in die Pumpe eintreten ließ. Verf. hat der Ursache solcher Unfälle nachgeforscht und gefunden, daß die Porzellantrommel nur dann zerbricht, wenn bei der in Fig. 1 angedeuteten Trommelstellung Luft in die Pumpe eintritt und damit das Quecksilber innerhalb der Trommel in dem evakuierten Kanal ZZ zu beiden Seiten hochsteigt. Beim Zusammenschlagen der beiden Quecksilbersäulen bei A wird an dieser Stelle die Porzellanwand zertrümmert. Ein solcher Unfall wird nun dadurch verhindert, daß Verf. eine Anzahl nach außen führender Öffnungen a an den Kanälen Z anbringt (Fig. 2) und diese Öffnungen durch ein um die ganze Trommel gelegtes Gummiband G wieder verschließt. Stoßen jetzt beim Zulassen von Luft die Quecksilbersäulen bei A zusammen, so wirken die Öffnungen a als Sicherheitsventile, zufolge des Stoßes spritzt etwas Quecksilber aus, und die Porzellantrommel bleibt unversehrt. Die Gummiventile sind, um die Erreichung höchster Vakua auch fernerhin zu ermöglichen, so angebracht, daß sie nie mit dem Rezipienten in direkter Verbindung stehen können. Zu diesem Zwecke ist die Öffnung f (Fig. 2), welche die Schöpfkammer mit dem Rezipienten in Verbindung bringt, so angeordnet, daß sie schon unter den Quecksilberspiegel untertaucht und damit den Rezipienten abschließt, bevor bei weiterer Drehung der Trommel in Richtung des Pfeiles die den Öffnungen a korrespondierenden Öffnungen a' aus dem Quecksilber heraustreten.

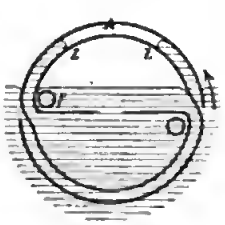


Fig. 1.

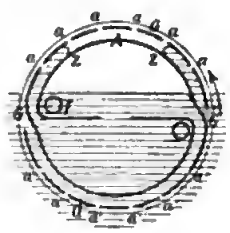


Fig. 2.

Weitere Verbesserungen an der rotierenden Quecksilber-Luftpumpe bestehen darin, daß alle Öffnungen der Trommel aus der vorderen Trommelwand herausgeführt sind, wodurch die Reinigung der Pumpe erleichtert wird. Ferner sind die Kanäle Z enger gehalten als früher; dadurch sind die aus der Trommel bei jeder Drehung austretenden und durch das Vorvakuum fließenden Quecksilbermengen verringert und ein Verschleppen von Luft aus dem Vorvakuum in das hohe Vakuum ist unmöglich gemacht[1]). *Schl.*

Über die Messung sehr tiefer Temperaturen.

Von H. Kamerlingh Onnes und J. Clay. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 95c u. d. S. 37—52. 1906.*

Der vorliegende XI. und XII. Teil bringt hauptsächlich die Resultate einer neuen Vergleichung des Platin-Widerstandsthermometers mit dem Wasserstoff- und dem Gold-Widerstandsthermometer. Wesentliche Änderungen sind an den früher (*Communic. Nr. 77 u. Nr. 93*) eingehend beschriebenen Apparaten und Methoden nicht angebracht, nur ist auf die Reinigung des zur Füllung des Gasthermometers dienenden Wasserstoffs noch größere Sorgfalt verwandt worden. Die allgemeine thermometrische Aufgabe war die genaue Feststellung der Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur von 0° bis — 259°, wobei den Verf. noch besonders die Frage interessierte, ob der früher beobachtete Wendepunkt der diese Abhängigkeit darstellenden Kurve beim Platin real ist.

Den ausführlichen Tabellen seien zur Orientierung folgende Werte entnommen:

Temperatur	Widerstands-Thermometer aus Platin	Gold
0°	137,88 Ohm	51,92 Ohm
— 103,8	80,45 „	31,43 „
— 195,2	27,59 „	12,98 „
— 259,2	1,44 „	2,05 „

Für beide Metalle reicht weder eine quadratische noch kubische Formel zur Darstellung aus. Der Verf. erweitert sie nun nicht durch Hinzunahme von höheren Potenzen, sondern von Gliedern der Form $\left(\frac{1}{T^n} - \frac{1}{T_0^n}\right)$, worin T die absolute Temperatur und $T_0 = 273{,}09$ ist, indem er von der nicht näher begründeten Hypothese geleitet wird, daß der Widerstand beim absoluten Nullpunkt unendlich groß wird. Beim Golde gelingt es, eine solche Formel mit fünf Koeffizienten in Einklang mit den Beobachtungen zu bringen, während beim Platin noch Abweichungen bestehen bleiben, die die geschätzten Beobachtungsfehler übersteigen. Der Verf. sieht hierin wie in der Tatsache, daß die Krümmung der Kurve für Gold geringer ist als für Platin, eine Bestätigung der Ansicht von Meilink, daß Gold sich besser als Platin zur thermometrischen Substanz für tiefe Temperaturen eigne.

Zu dem Verlaufe der Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur beim Platin sei noch folgendes bemerkt: der erwartete Wendepunkt findet sich in der Tat bei etwa — 180°; die Werte dR/dt ergeben dementsprechend ein deutliches Maximum, aber es zeigt sich, daß bei sonst recht regelmäßigem Verlaufe dort zwei Werte ziemlich stark herausfallen. Gleicht man die Abweichungen aus, so wird man dazu geführt, die Temperatur — 182,75° um etwa 0,08° tiefer anzusetzen. Eine Korrektion von gleicher Größe gibt aber der Verf. für eine andere Meßreihe gerade an diesem Punkte selbst zu (vgl. *diese Zeitschr. 28. S. 27. 1908*). Es ist deshalb zu vermuten, daß sie auch hier anzubringen ist. *Hffm.*

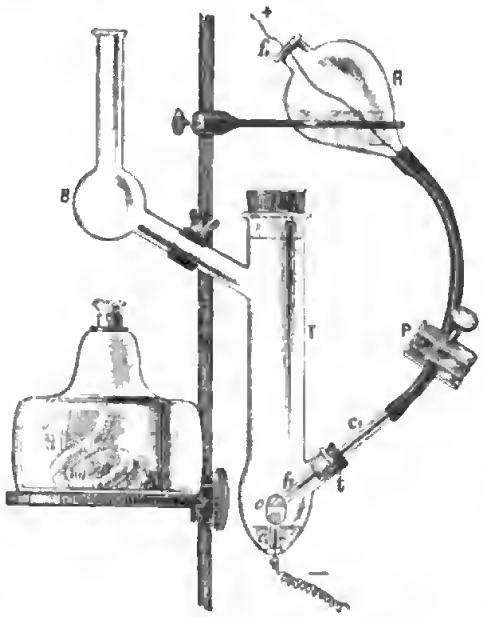
[1]) Bezugsquelle für die verbesserte Pumpe ist, wie schon für das erste Modell, die Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh.

Apparat zur Erzeugung der Funkenspektra von Lösungen.

Von A. de Gramont. *Compt. rend.* **145**. *S. 1170. 1907.*

Der Verf. hat sich die Aufgabe gestellt, Funkenspektra von Lösungen zu erhalten, ohne Beimengung von Linien, die von den Elektroden oder den Unreinheiten des Glases herrühren. Dies wird in einfacher Weise dadurch erreicht, daß der Funke nur zwischen den betreffenden Flüssigkeitstropfen überspringt, die sich an den Enden von zwei Kapillarröhren aus geschmolzenem Quarz befinden.

Die nebenstehende Figur gibt über den Apparat im einzelnen Auskunft. In die Kapillaren c_1 und c_2 werden Platindrähte bis höchstens 5 *mm* vom Kapillarende eingeführt; in c_2 steigt die Flüssigkeit durch Kapillarität über den Platindraht hinaus. Der Zufluß nach c_1 aus dem Reservoir R wird durch die Schlauchklemme P reguliert; der Platindraht $f_1 f_2$ geht durch Reservoir, Gummischlauch und Kapillare c_1 hindurch und bildet die Anode. Das Rohr T aus gewöhnlichem Glase hat einen Durchmesser von 2,5 bis 3 *cm*, eine Höhe von etwa 15 *cm* und ist oben durch einen Korkstöpsel abgeschlossen. Die durch den Funken fortgeschleuderten Flüssigkeitsteilchen sammeln sich am Grunde des Rohrs wieder an. Um die durch den Funken sich bildenden Dämpfe zu entfernen, wird die seitlich angesetzte Kugel B, auf der sich ein kleiner Schornstein befindet, mit einer schwachen Alkoholflamme erwärmt. Der entstehende schwache Luftzug verhindert das allzustarke Ansammeln der Dämpfe. Bei o, wo der Funke überspringt, ist ein Fenster angebracht, das die Beobachtung des ultravioletten Teils des Spektrums ermöglicht.



In der beschriebenen Anordnung hat der Verf. das Spektrum einer magnesiumhaltigen Lösung von Kalziumchlorür mit einem Kalkspatspektrographen untersucht. Neben den Hauptlinien von Mg und Ca zeigten sich schwach die Kanten der Haupthanden von N und stark eine charakteristische Wasserdampfbande; von den Linien des Si oder Pt war aber nirgends eine Spur zu finden. *L. J.*

Bücherbesprechungen.

F. L. Kohlrausch, Einführung in die Differential- und Integralrechnung nebst Differentialgleichungen. 8°. VII, 191 S. m. 100 Textfig. u. 200 Aufg. Berlin, J. Springer 1907. 6 M.; geb. in Leinw. 6,80 M.

In Anbetracht der Fülle der vorhandenen guten Literatur auf diesem Gebiete war es kaum zu erwarten, daß das vorliegende Büchlein, das aus den Ausbildungskursen im Kaiserlichen Telegraphen-Versuchsamt hervorgegangen ist, mehr lieferte, als eine spezielle Anordnung und Auswahl des Stoffes und der Aufgaben zum Gebrauch in dem Kreise, aus dem heraus es entstanden ist. Der Ref. hätte an sich keine Veranlassung, sich mit einer derartigen für einen internen Zweck bestimmten Druckschrift zu befassen. Aber der Verf. verfolgt weitergehende Ziele: wie er im Vorwort sagt, wolle er mit seinem Buche „einer Forderung aller der Leser Rechnung tragen, denen es in erster Linie darauf ankommt, die praktische Bedeutung der Differential- und Integralrechnung kennen zu lernen, um daraus die Nutzanwendung für physikalisch-technische Aufgaben, speziell deren Differentialgleichungen

gewinnen zu können". Er empfiehlt von diesem Gesichtspunkt aus das Buch Studierenden der Universitäten und Hochschulen, aber auch Laienkreisen „als ausreichenden Leitfaden für ihre mathematischen Studien".

Ein Buch, das in erster Linie den physikalisch-technischen Anwendungen der Infinitesimalrechnung dienen soll, wird mit Fug und Recht die rein mathematische Seite in den Hintergrund treten lassen können. Dies kann durch Abkürzung oder Fortlassung der Beweise, durch bloße Andeutung der Rechnung u. s. w. geschehen, darf aber doch nicht dazu führen, strenge Nachweise durch Scheinbeweise, klare Definitionen durch inhaltlose Aussagen zu ersetzen oder nicht mit voller Aufrichtigkeit auf Lücken in den Deduktionen hinzuweisen.

Leider ist das in dem vorliegenden Werk an mehreren Stellen der Fall. Daß (*S. 21*) der binomische Satz nur für ganzzahlige Exponenten bewiesen wird, ist kein Fehler, wohl aber, wenn der Verf. darüber stillschweigend hinweggeht und dann dem Leser wenige Zeilen weiter die Aufgabe stellt, $\sqrt{1+x^2}$ nach diesem Satze zu entwickeln. Bei der Berechnung des Volumenelements dV eines um die y-Achse rotierenden Körpers heißt es im Text (*S. 109*): „dV ist sicher größer als $x^2\,\pi\,dy$", während wenige Zeilen weiter die Gleichheit dieser beiden Differentiale gefolgert wird. Solche Widersprüche in den Grundlagen — der vorliegende hängt mit der mangelhaften Definition des bestimmten Integrals zusammen — sind um so mehr zu vermeiden, als sie in unklaren Köpfen die Infinitesimalrechnung zu degradieren vermögen und sie weniger scharf begründet erscheinen lassen als die elementare Mathematik.

Der erste Teil des Buches gibt die elementarsten Sätze der Differential- und Integralrechnung, der zweite ist betitelt: Differentialgleichungen. Über die Theorie der Differentialgleichungen wird gesagt, sie bestehe im wesentlichen in solchen Umformungsmethoden, daß die entstehende Differentialgleichung durch Quadraturen integriert werden kann (*S. 140*). Dieser vor etwa hundertfünfzig Jahren (Euler) berechtigte Standpunkt entspricht nicht mehr den heutigen Anforderungen der theoretischen Physik und Technik. Es kommt heutzutage gar nicht darauf an, ob eine Differentialgleichung durch Quadraturen integrierbar ist; man will vielmehr aus ihr die *Eigenschaften der Lösungen*, die die physikalisch-technischen Vorgänge wiedergeben, kennen lernen. Daß dabei manchmal die Integralrechnung zum Ziel führt, ist an sich gleichgültig; in den meisten und oft technisch wichtigsten Fällen versagt sie, und man muß zu Approximationsmethoden und Reihenentwickelungen greifen. Von diesem Gesichtspunkt aus hätten sich auch die einfachen Fälle behandeln lassen, die in dem vorliegenden Buch besprochen werden. Freilich ist dazu die Kenntnis der Taylorschen Reihe nötig, *des wichtigsten und für die Anwendungen am wenigsten entbehrlichen analytischen Ergebnisses der Differentialrechnung* — aber die ist in dem Buche vergeblich zu suchen.

Unter den Übungsaufgaben befinden sich einige hübsche neue, besonders technischen Inhalts.

Die sprachliche Darstellung ist leider wenig sorgfältig und erweckt vielfach den Eindruck, als ob kurze Vortragsnotizen ohne weitere Durchsicht abgedruckt wären. Hiervon einige Proben: (*S. 21*) „Das zweite Glied aus Gleichung 2 nämlich $a^{n-1} \cdot b$ ergibt sich, indem $n-1$ Factoren ihr a und einer sein b liefert" . . . . „ denn hat der erste sein b gegeben, so liefern die andern ihr a. Gibt der zweite sein b, ... ", (*S. 56* u. *64*) „trigonometrische Formelsammlung", (*S. 87*) „das Volumen V der Gleichung (*1*)", (*S. 105*) „Aufgabe 171. Unter Quadratur versteht man die Berechnung einer Fläche, die . . . . ", (*S. 176*) „Die Kurve 1 wird mit der Kurve 2 multipliziert, indem . . . . ", (*S. 184*) „Die Gleichung kann wiederum nur dann = 0 sein, wenn . . . .".

Leider sind auch eine ganze Reihe von Druckfehlern stehen geblieben. Nach dem Gesagten erscheint es dem Ref. zweifelhaft, ob der Verf. das in der Vorrede gesteckte Ziel erreicht hat. Bei weniger umfangreichem, aber sorgfältiger gesichtetem Text hätte hier vielleicht eher eine brauchbare Aufgabensammlung (mit Erläuterungen) entstehen können.

Rt.

Neue Preisliste von A. Ott, Kempten.

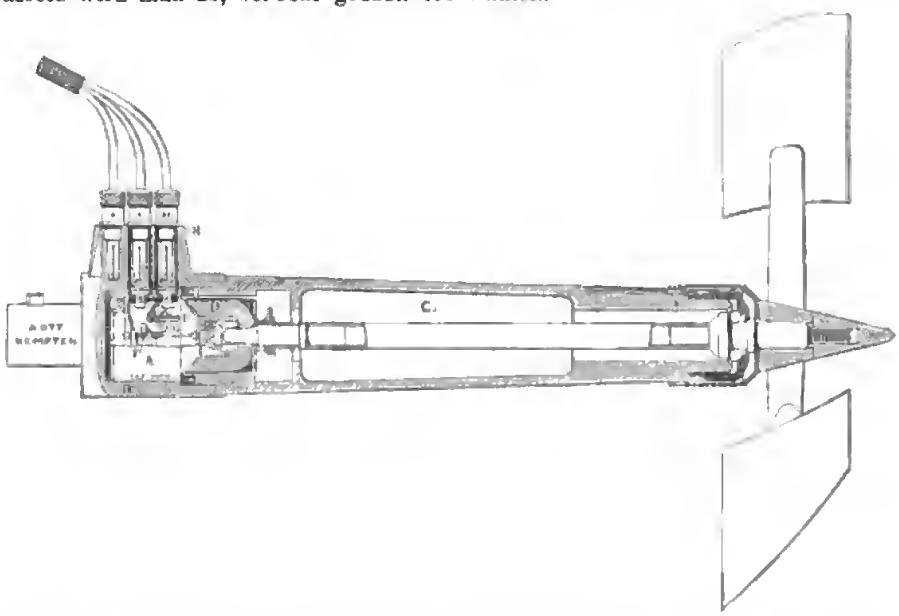
Sonderpreisliste III über moderne Instrumente zur Wassermessung in Bach, Fluß und Strom. 8°. 63 S. m. Fig. 1907/08.

Das mathematisch-mechanische Institut von Ott, Kempten i. Bayern, aus dem bisher neben hydrometrischen Apparaten besonders Polarplanimeter und freihängende Präzisions-Pantographen, ferner geodätische Instrumente aller Art, Theodolite, Nivelliere und früher eine Anzahl geodätischer Spezialinstrumente hervorgegangen sind (vgl. z. B. meine Notiz über das Eckhold-Ottsche Tachymeterinstrument in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 233. 1895*, die Notiz über den Finsterwalderschen Phototheodolit für das Hochgebirge, *ebenda S. 370*, u. s. f.), hat sich jetzt fast ausschließlich dem Bau von Wassermessungsinstrumenten zugewendet und hierin schon eine Anzahl bemerkenswerter Neukonstruktionen aufzuweisen. Der Vorgänger des vorliegenden Katalogs brachte den inzwischen wohlbewährten, von Dr. J. Epper in Bern (s. u.) entworfenen Turbinenflügel zur Bestimmung des Wirkungsgrads von Turbinenanlagen; der hier anzuzeigende Katalog bringt den Mensing-Ottschen wasserdichten Kontakt für hydrometrische Flügel, die Erfüllung eines alten Desideratums der Messung in (durch Industrieabwässer u. s. f.) angesäuertem Wasser, in dem das offene Kontaktwerk der seitherigen elektrischen Flügel unbrauchbar wurde. Durch die gemeinschaftliche Arbeit der Hrn. Kapitän zur See a. D. A. Mensing in Berlin und A. Ott ist nun also hierin durch den „Magnetflügel" Wandel geschaffen.

Der Preisliste ist eine „Einleitung" vorangestellt, in der zunächst einigos über die *Eichung* hydrometrischer Flügel mitgeteilt wird; zur Aufstellung der Beziehung zwischen Sekundenumdrehungszahl n eines Flügels und entsprechender Wassergeschwindigkeit v kann man die Flügel in einer der staatlichen Anstalten untersuchen lassen (in Mitteleuropa: Hydrometrische Prüfungsanstalt der Technischen Hochschule München [Prof. Schmidt]; Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin [Reg.- und Baurat Thiele]; Prüfungsanstalt des eidgenöss. hydrometrischen Bureaus in Bern [Obering. Epper]; Prüfungsanstalt des hydrographischen Zentralbureaus Wien [Min.-Rat Lauda]); doch eicht auf Wunsch Hr. Ott seine Flügel auch selbst durch Vergleich mit einem Normalinstrument. Sodann werden in vorliegender Schrift Winke für die Auswahl des Flügels für einen bestimmten Zweck gegeben: das elektrische Zählwerk ist für einigermaßen umfangreiche Messungen, auch in kleinen Gewässern, jetzt eigentlich das allein gebräuchliche, das mechanische Zählwerk des alten Woltmanschen Flügels, bei dem dieser zum Zweck des Ablesens aus dem Wasser gehoben werden muß, wird nur noch in Ausnahmefällen gebraucht und die akustischen Signale mit einer bestimmten Tourenzahl des Flügels, z. B. durch Vorschnellen eines Bolzens gegen die eiserne Führungsstange, an Stelle der elektrischen haben wenig Eingang gefunden. Die Welle der Flügel bewegt sich jetzt entweder in einem vordern Kugel- und einem hintern Stein-(Achat-) Halslager oder in Spitzenlagern. Besonders die Kugellagerung hat die Empfindlichkeit und Gleichförmigkeit der Flügeldrehung außerordentlich steigern lassen, und nur in stark sandführenden kleinen Gewässern ist ein offener kleiner Flügel mit Spitzenlagerung vorzuziehen.

Der schon oben erwähnte Kurzschluß durch stark verunreinigtes salzhaltiges oder angesäuertes Wasser, der bei den bisherigen offenen Kontakten elektrischer Flügel schon so oft die ganze Messung vereitelte, hat zur Konstruktion der wasserdichten Kontaktkammer geführt, nach zwei verschiedenen Prinzipien. Die eine dieser Konstruktionen (Mensing-Ott, D.R.P. Nr. 178716) sei hier abgebildet und kurz beschrieben. In der zylindrischen luft- und wasserdichten Dose A wird der Kontakt *von außen* mit Hülfe *magnetischer Kuppelung* hergestellt. Diese Kontaktdose ist in die Kammer B des Flügels eingeschoben und diese mit der spindelförmigen Hülle C der Flügelwelle verschraubt. Dicht vor der Vorderwand der Kontaktdose sitzt auf der Flügelwelle der glockenförmige Magnet D, dem Anker E im Innern der Dose gegenüber. Der Anker folgt den Rotationen von D, und es wird so bei jeder Umdrehung des Flügels durch die Berührung des Daumens F auf der Welle des Ankers mit einer Schleif-

feder der Kontakt hergestellt, indem die Ankerwelle mit dem einen, die Kontaktschleiffeder mit dem andern Pol einer Batterie in Verbindung steht. Außer dem Einzelkontakt sind noch Kontakte für je 25 Umdrehungen vorhanden: eine Schnecke auf der Ankerwelle treibt das mit 50 Zähnen versehene Kontaktrad *G*, das zwei Kontaktstifte trägt. Diese Stromschlußvorrichtung hat bei umfangreichen Versuchen auch bei den größten möglichen Tourenzahlen nie versagt; ihre Anwendung auf ein elektrisches Log, u. a. zur Hochwassermessung in Strömen, ist ebenfalls bereits ausgeführt. Die zweite Ausführung der wasserdichten Stromschlußvorrichtung, *mit regulierbaren Kontaktintervallen*, ist gleichfalls patentamtlich geschützt (D.R.G.M. 316751); man hat es bei ihr in der Hand, die elektrischen Signale nach je 25, 50 oder 100 Umdrehungen des Flügels sich folgen zu lassen: bei geringen Geschwindigkeiten des Wassers wird man 25, bei sehr großen 100 wählen.



Auch über die auf dem Grund *aufstehende* Stange, die als Träger zur Auf- und Abbewegung des Flügels seit Harlacher bei uns fast allein gebraucht worden ist, und über die *freihängende* Stange, wobei der Flügel am untern Ende der Stange befestigt ist, und die in mittlern und kleinern Gewässern Vorteile bietet (die Einrichtung der Hängestange mit Stangenhalter von Dr. Epper hat sich gut bewährt) finden sich willkommene Angaben; ferner über Messung in einzelnen Punkten des Wasserprofils und über das Integrierverfahren, das sogleich auf die *mittlere* Wassergeschwindigkeit in einer bestimmten Vertikalen ausgeht; über Schwimmflügel für große Tiefen (wo Stangen versagen) und für große Geschwindigkeiten; über Zusammenstellung einer ganzen Flügelausrüstung für alle möglichen Fälle und mit allen Nebenapparaten; endlich über Einzelheiten in der Konstruktion der jetzt durchweg vernickelten Flügel selbst (Körper matt, Schaufeln glänzend).

Das Preisverzeichnis selbst enthält Flügel aller Art, vom einfachen „Taschenflügel" mit mechanischer Ausrückung und mechanischem Zählwerk, der wenig empfindlich ist, bis zum großen elektrischen Flügel für Ströme und bis zum kleinsten elektrischen Flügel, mit dem hart an der Sohle oder Wandung der Flüsse oder Gerinne, z. B. bei nur 6 *cm* Wassertiefe noch gemessen werden kann, sind Apparate für alle möglichen Fälle vertreten, und alle Zubehörteile sind in guter Anordnung und in ebenfalls großer Auswahl aufgeführt. Den Schluß des Katalogs der hydrometrischen Apparate bilden Notizen über Einrichtung und Preis der Ottschen registrierenden *Pegel*. Aus den Literaturangaben über Theorie und Praxis der Flügelmessung der Wassergeschwindigkeiten sei hier für die Ottschen Flügel noch auf den Aufsatz von Dr. Epper, Die Ottschen Flügel des eidgenöss. hydrometrischen Bureaus auf der Ausstellung in Mailand 1906 (*Schweiz. Bauztg. 48. S. 169. 1906*) aufmerksam

gemacht. Das größere Werk von Epper, „Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz, bearbeitet und herausgegeben vom eidgenöss. hydrographischen Bureau in Bern", das Ott als 1907 erschienen aufführt, war Ende Dezember 1907 noch nicht herausgekommen.

Es sei nur noch einiges beigefügt über die Ottschen „Magnetflügel", deren wesentlichste Einrichtung, der Mensing-Ottsche wasserdichte Kontakt mit Hülfe des Magnets, oben skizziert ist. Der erste Magnetflügel hat bei der Eichung in München im März 1906 (s. oben) ein ausgezeichnetes Ergebnis geliefert, wie die mir von Hrn. Ott mitgeteilte graphische Darstellung der Versuchsmessungen zeigt. Der Flügel ist bei Sekunden-Geschwindigkeiten von 4,4 *cm* an (und zahlreichen andern *sehr kleinen* Geschwindigkeiten) bis zu 4,00 *m* geprüft worden; die zu den angewandten 31 verschiedenen Geschwindigkeiten v (Abszissen) als Ordinaten aufgetragenen Tonrenzahlen n geben als ausgleichende Linie der Beobachtungspunkte eine *Gerade*, deren Gleichung (Flügelgleichung)

$$v = (0{,}522 \cdot n + 0{,}01) \text{ Meter}$$

andeutet, bei wie geringer Wassergeschwindigkeit der Flügel anläuft. Eine nennenswerte Abweichung eines Beobachtungspunktes aus der ausgleichenden Geraden ist nur bei der Geschwindigkeit $v = 2{,}22$ *m* vorhanden (Abweichung etwa 4 *cm* in r). Die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau (s. ebenfalls oben) bestätigt im Mai 1906, daß bei Untersuchung eines Magnetflügels bei Geschwindigkeiten zwischen 2,00 und 5,115 *m* selbst bei der größten Geschwindigkeit die Kontakteinrichtung „jede einzelne Umdrehung vollständig klar wiedergibt" (Umdrehungszahl des Flügels bei dieser größten Geschwindigkeit rund $16^1/_2$ pro Sekunde); es ist damit gezeigt, daß der Anker dem Magnet auch bei den größten vorkommenden Geschwindigkeiten regelmäßig folgt. Die Landesanstalt für Gewässerkunde in Berlin endlich bestätigt durch Brief vom 7. Dezember 1907, daß der gelieferte Flügel mit wasserdichter Stromschlußvorrichtung sich „gut bewährt hat".

Noch weitere Verbesserungen in der Ausführung und weitere Anwendungen der vortrefflichen Idee des „Magnetflügels" werden nicht ausbleiben. Es sind aber schon jetzt Wassermessungen bequemer gemacht oder überhaupt erst ermöglicht in Fällen, in denen unser bisheriges Instrumentarium nicht ausreichte. *Hammer.*

Neues Preisverzeichnis von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn in München.

Illustriertes Preisverzeichnis Nr. 27. 8°. 93 S. m. Fig. 1907.

Die Firma Edelmann & Sohn hat ein neues Preisverzeichnis herausgegeben, das neben vielen, seit längerer Zeit bekannten Apparaten der Firma eine Reihe interessanter Neukonstruktionen enthält. Der Inhalt umfaßt: I. Hülfsapparate. II. Mechanik. III. Erdmagnetismus. IV. Elektrizität. V. Akustik. Unter den Hülfsapparaten sind besonders die Apparate für photographische Registrierung erwähnenswert, von denen einer für horizontale, ein anderer für vertikale Plattenverschiebung bestimmt ist. Der letztere beruht auf dem Prinzip der Atwoodschen Fallmaschine, wobei das Rad, über welches die Schnur läuft, durch einen Elektromagneten gebremst werden kann. Über den photographischen Registrierapparat für Saitengalvanometer vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 233. 1906.*

Unter den zeitmessenden Apparaten ist hervorzuheben ein rotierender Spiegel nach Feddersen, der durch Druckwasser, verdichtete Luft oder Kohlensäure angetrieben wird, und ein Apparat für Zeitmessungen von 10^{-4} bis 10^{-6} Sekunden mit Hülfe teilweiser Kondensatorentladung; auf demselben Prinzip beruht auch ein Apparat zur Messung der Schwerebeschleunigung bei kleinen Fallhöhen.

Das größte Interesse dürfte die Abteilung über Saitengalvanometer, Saitenelektrometer und Saitenelektroskope beanspruchen; über diese Apparate ist jüngst besonders referiert worden (*diese Zeitschr.* **27.** *S. 291. 1907*). Schließlich sei noch erwähnt, daß das Helmholtzsche Fallpendel (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 124. 1901*; **25.** *S. 175. 1905*) weitere Verbesserungen erfahren hat.

Das Verzeichnis ist mit einer großen Zahl von Abbildungen ausgestattet, auch sind in umfangreicher Weise Literaturangaben gemacht. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

M. Abraham, Theorie der Elektrizität. 1. Bd. Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität. Mit e. einleit. Abschnitte üb. das Rechnen m. Vektorgrößen in der Physik. Von Dr. A. Föppl. 3., vollständig umgearb. Aufl., hrsg. v. Dr. M. Abraham. gr. 8°. XVIII, 460 S. m. 11 Flg. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 12 M.

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw., jedes Bdchn. 0,80 M.

37. J. Klein, Chemie. Anorganischer Teil. 4., verb. Aufl. Neudr. 175 S. 1907. — 71. M. Rudolphi, Allgemeine u. physikalische Chemie. 2., verb. Aufl. 3. Abdr. 188 S. m. Fig. 1907. — F. Junker, Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Differentialrechnung. 2., verb. Aufl. Neudr. 129 S. m. 46 Fig. im Text. 1907. — 354. S. Valentiner, Vektoranalysis. 163 S. m. 11 Fig. 1907.

A. Lampa, Lehrbuch der Physik zum Gebrauche f. Studierende. gr. 8°. IX, 565 S. m. 293 Fig. Wien, W. Braumüller 1908. 10 M.; geb. in Leinw. 11,80 M.

H. A. Lorentz, Abhandlungen üb. theoretische Physik. Lex. 8°. 1. Bd. IV, 489 S. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 17 M.

W. Ostwald, Prinzipien der Chemie. Eine Einleitg. in alle chem. Lehrbücher. 8°. XV, 540 S. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft 1907. 8 M.; geb. 8,80 M.

L. Poincaré, Die moderne Physik. Übertr. v. Dr. M. Brahn u. Dr. B. Brahn. 8°. VIII, 260 S. Leipzig, Quelle & Meyer 1908. 3,80 M.; geb. in Leinw. 4,40 M.

Enzyklopädie der Photographie. 8°. Halle, W. Knapp.

8. Heft. R. Neuhauss, Anleitung zur Mikrophotographie. 2., umgearb. Aufl. VII, 38 S. m. 6 in den Text gedr. Abbildgn. 1908. 1 M.

J. Herzog u. Cl. Feldmann, Handbuch der elektrischen Beleuchtung. 3., vollständig umgearb. Aufl. gr. 8°. XII, 765 S. m. 707 Fig. Berlin, J. Springer 1907. Geb. in Leinw. 20 M.

F. Kohlrausch, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. 2., verm. Aufl. 6.—10. Taus. 8°. XVIII, 268 S. m. Flg. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 4 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

Nr. 1. H. Helmholtz, Über die Erhaltung der Kraft. 1847. 7. Taus. 60 S. 1907. Kart. 0,80 M. — Nr. 11. G. Galilei, Unterredungen u. mathematische Demonstrationen üb. zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betr. Arcetri, 6. III. 1638. 1. Tag m. 13 u. 2. Tag m. 26 Helzschn. Aus dem Ital. übers. u. hrsg. v. A. v. Oettingen. 2., unveränd. Abdr. 142 S. 1907. Kart. 3 M.

M. Roloff, Grundriß der physikalischen Chemie. Lex. 8°. VIII, 234 S. m 13 Abbildgn. Leipzig, G. Thieme 1907. 5 M.; geb. in Leinw. 6 M.

Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. Jahr 1907. Unter Mitwirkg. hervorrag. Fachmänner hrsg. v. Dir. Hofr. Prof. Dr. J. M. Eder. 21. Jahrg. 8°. VIII, 673 S. m. 290 Abbildgn. im Text u. 36 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1907. 8 M.; geb. Leinw. 9,50 M.

W. W. Bryant, *History of Astronomy.* 8°. 370 S. London 1907. Geb. in Leinw. 7,80 M.

Notiz.

Hr. Prof. Weiss in Zürich macht die Redaktion freundlichst auf zwei unrichtige Zahlenangaben aufmerksam, die in dem Referat „Ein sehr starker Elektromagnet“ (*diese Zeitschr. 28. S. 31. 1908*) enthalten sind: „Ewing hat seinerzeit nicht ein *Feld* von 45000 Gauß erreicht, sondern eine Induktion von diesem Betrage. Das Feld, das er erreicht hat, ist 24500 Gauß (*Magnetic Induction* 2. Aufl. *S. 145*).“

Ferner war der Durchmesser der Endflächen bei dem im Referat angeführten Versuch mit dem Magneten des Hrn. Prof. Weiss nicht 2 *mm*, sondern 3,6 *mm*; 2 *mm* war der Polabstand.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **April 1908.** Viertes Heft.

Interferenzapparat zur Messung der Querkontraktion eines Stabes bei Belastung.

Von

E. Grüneisen.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Der im folgenden beschriebene Apparat[1]) dient zur Messung der Querkontraktion eines Stabes bei Belastung. Aus der Querkontraktion und der früher[2]) für gleiche Belastungen bestimmten Längsdilatation berechnet sich das Verhältnis beider, die sogenannte Poissonsche Zahl μ, welche im Verein mit dem aus der Längsdilatation abgeleiteten Elastizitätsmodul E das elastische Verhalten homogenen isotropen Materials vollkommen bestimmt. Aus E und μ berechnet sich z. B. die Zusammendrückbarkeit bei allseitigem Druck.

Die Längenänderungen des Stabdurchmessers, die der Apparat messen soll, betragen nur Bruchteile einer Lichthalbweite, sofern man die Belastungen nicht wesentlich höher wählt als bei den Dehnungsmessungen. Dies sollte aber aus den früher besprochenen Gründen[3]) vermieden werden. Die Kleinheit des zu erwartenden Effekts verlangte demnach die Verbindung der Interferenzmeßeinrichtung mit einer mechanischen Hebelübertragung. Hierdurch unterscheidet sich der zu beschreibende Apparat von den Interferenzapparaten, die Stromeyer[4]) und Voigt-Benton[5]) zu gleichem Zwecke konstruiert, aber bei sehr viel stärker deformierten Stäben bezw. Drähten angewandt haben.

Hr. Shaw[6]) hat vor einigen Jahren ein „elektrisches Mikrometer" zur Messung sehr kleiner Verschiebungen beschrieben, dessen Empfindlichkeit er zu $4 \cdot 10^{-8}$ *cm* angibt, während er die von Interferenzmethoden auf $1 \cdot 10^{-6}$ *cm* schätzt. Einmal ist diese Schätzung sicher zu ungünstig, zweitens wird die Verbindung einer Hebelübersetzung mit Interferenzmethoden in der Regel möglich sein. Eine etwa zehnfache Über-

[1]) Der Apparat wurde in der Werkstatt der Abt. I der Reichsanstalt von Hrn. Schönfeld ausgeführt.

[2]) E. Grüneisen, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 38. 1907; Ann. d. Physik* **22.** *S. 801. 1907.* Im folgenden mit *a. a. O. 1* und *a. a. O. 2* bezeichnet. Zu *a. a. O. 1*, Abschn. 8, mag hier nachgetragen werden, daß die „Meßlänge" L (Abstand der Querschnitte Q_1 und Q_2) nach Beendigung der Dehnungsversuche leicht gemessen werden kann, weil die Spitzenschrauben s Eindrücke im Stabe hinterlassen, durch welche die Querschnitte Q_1 und Q_2 bestimmt sind.

[3]) *a. a. O. 1, S. 38; a. a. O. 2, S. 819.*

[4]) C. E. Stromeyer, *Proc. Roy. Soc.* **55.** *S. 373. 1894.*

[5]) J. R. Benton, *Ann. d. Physik* **3.** *S. 471. 1900; Phys. Rev.* **12.** *S. 36. 1901;* Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 156. 1901.*

[6]) P. E. Shaw, *Proc. Roy. Soc.* **76.** *S. 350. 1905;* vgl. auch *diese Zeitschr.* **23.** *S. 256. 1903.*

setzung führt aber bereits, wie die folgende Mitteilung beweist, zu der hohen Empfindlichkeit, die Shaw nur mit einem 3 Fuß langen Hebelsystem erreichte, dessen erschütterungsfreie Aufstellung erhebliche Umstände machte. Der Querkontraktionsapparat wird deshalb auch, abgesehen von seinem besonderen Zwecke, als Beispiel eines hochempfindlichen Dilatometers einiges Interesse bieten.

Da die Probestäbe in derselben Weise aufgehängt und belastet wurden wie bei den Dehnungsversuchen, so kann bezüglich dieses Punktes auf die frühere Beschreibung verwiesen werden. Dasselbe gilt bezüglich der optischen Einrichtungen.

1. Montierung der Meßkuppen.

Das Fundament des Querkontraktionsapparats bildet ein Aluminiumwürfel A (Fig. 1, 2 u. 4), dessen Kantenrichtungen wir zweckmäßig als x-, y-, z-Richtungen

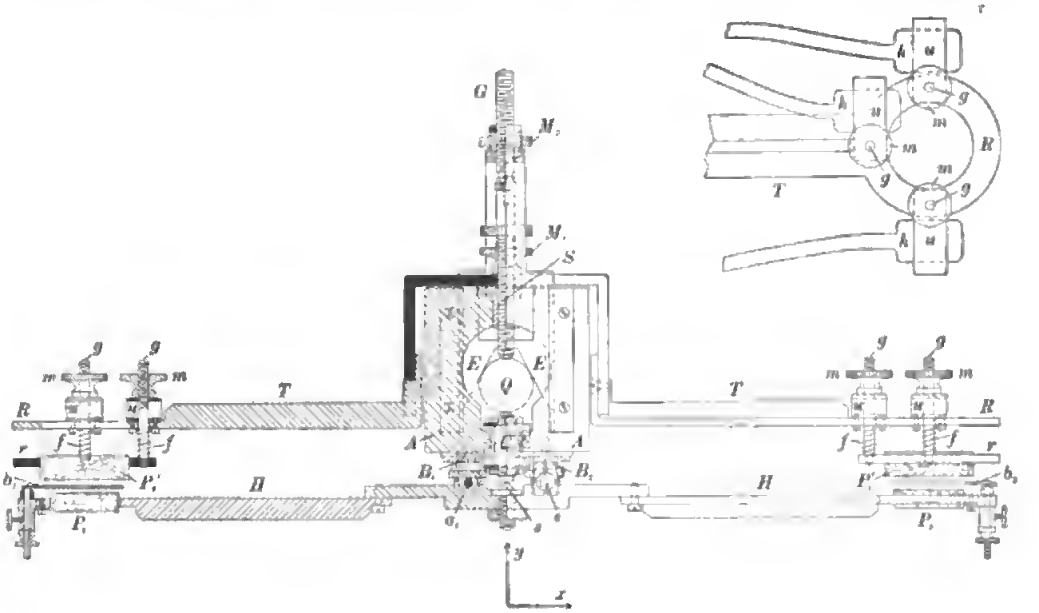


Fig. 1. ($^1/_2$ nat. Gr.)

eines Koordinatensystems wählen. Der Anfangspunkt des Systems liege im Mittelpunkt des Würfels. Dieser ist zweifach durchbohrt. Die eine, aus Fig. 1 und 2 ersichtliche weite Bohrung läuft in Richtung der vertikalen z-Achse und dient zur Einführung des Stabes, dessen zu messender Querschnitt mit Q bezeichnet sei. Die andere, engere Bohrung, deren Achse mit der y-Achse zusammenfällt, dient zur Aufnahme der Stahlzylinder S und C, deren abgerundete und gehärtete Enden die den Stab berührenden Meßkuppen bilden. S ist eine Schraube, die je nach dem zu untersuchenden Stabdurchmesser im Würfel verstellt und durch die Gegenmutter M_1 festgezogen werden kann.

Der andere Zylinder C geht durch die Bohrung des Würfels A frei hindurch, wird aber mit ihm durch die beiden Messingfedern $F\,F$ verbunden, deren Form und Befestigung aus den Fig. 2 u. 4 zu ersehen ist. Die Federn greifen den Zylinder möglichst nahe den Enden an, um ihm nur in Richtung der y-Achse Bewegungsfreiheit zu lassen. Die eine Feder geht deshalb durch eine Erweiterung der für den Stab selbst bestimmten Würfelbohrung hindurch, während die andere außen am Würfel vorbeiführt.

Ursprünglich wurde C nur durch *eine* stärkere Feder gehalten, deren Form und Befestigung aus einer an anderer Stelle[1]) gegebenen schematischen Skizze zu ersehen ist. Für die endgültigen Versuche ging man zu *zwei* Federn über, um Drehungen des Zylinders aus seiner Richtung nach Möglichkeit auszuschließen (vgl. Abschn. 8).

Ist S bis zur Durchbiegung der Federn F eingeschraubt (s. Fig. 2, wo die Durchbiegung als unmerklich angenommen ist), so wird sich bei Querkontraktion des Stabes der Zylinder C *reibungslos* gegen S verschieben. Damit diese Verschiebung gleich der Änderung des Durchmessers sei, ist folgende Bedingung zu erfüllen. Die Federkraft, mit der die Meßknppen in die Oberfläche des Stabes eingedrückt werden, darf sich während der Querkontraktion nur so wenig ändern, daß die dadurch bedingte Änderung der Eindrückung klein ist gegen die Änderung des Durchmessers.

Mit Rücksicht auf diese Bedingung ist für die weichen Stäbe ein schwächeres Federnpaar in Anwendung gekommen als für die harten. Schwache Federn haben jedoch den Nachteil, daß der Apparat wegen der loseren Verbindung mit dem Stabe gegen Erschütterungen empfindlicher ist.

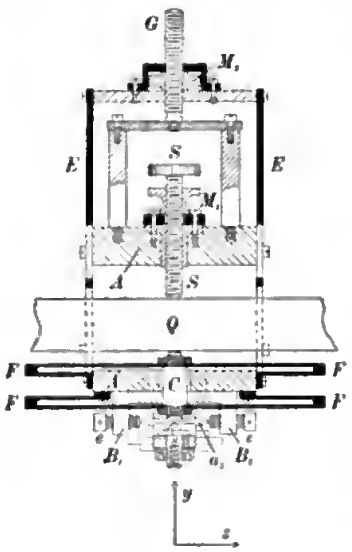


Fig. 2. (1/2 nat. Gr.)

2. Die Hebelübersetzung.

Die Verschiebung des Zylinders C gegen die Schraube S bezw. den Würfel A wird mittels Hebelübersetzung auf den 10- bis 12-fachen Betrag vergrößert und dann durch eine Interferenzanordnung optisch gemessen.

Der Hebelarm H (Fig. 1 u. 4) besteht aus einem messingnen Mittelstück und den beiderseits angesetzten Plattenhaltern aus Aluminium. In einer zentralen, der y-Achse parallelen Bohrung des Mittelstücks ist ein Stahlzylinder mit Spitze s eingesetzt. In je 1 *cm* Abstand von s sind die an ihren Enden zugespitzten Stahlachsen a_1, a_2 in keilförmigen, vertikal laufenden Nuten durch Deckplatten befestigt (Fig. 1, 2 u. 4). Alle Teile sind so gearbeitet, daß Mittelspitze und Achsenspitzen nahezu in einer Ebene liegen.

Die Achsen a_1 a_2 werden abwechselnd in einem der am Würfel A festgeschraubten, U-förmigen Böcke B_1 B_2 drehbar gelagert (Fig. 2 u. 4). Zur Feststellung der Achse dienen je zwei Schräubchen e, in deren Enden durchbohrte Achatsteine, wie sie von den Uhrmachern verwendet werden, gefaßt sind. Die Schräubchen e sind vorsichtig anzuziehen, damit einerseits die Achse nicht wackelt, andererseits die Steine nicht zersprengt werden. Da jeder Achsenkonus seinen Lagerstein nur in einer Kreislinie berührt, so ist die Reibung der Achse bei der Hebeldrehung sehr gering. Sie konnte in der Tat nicht nachgewiesen werden (vgl. Abschn. 7).

Ist die Achse, z. B. a_1 in Bock B_1, eingestellt, so wird durch ein Kautschukbändchen i (Fig. 4) die Spitze s mit leichtem Druck gegen die polierte Endfläche des Zylinders C gedrückt. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, den Lagerbock so zu orientieren, daß s in die yz-Ebene fällt. Leichter ist es, danach durch Verstellung der Schrauben e die Spitze s in die y-Achse selbst zu verlegen.

Die schon früher zur Erzeugung der Interferenzringe benutzten Glasplatten

[1]) E. Grüneisen, *Ann. d. Physik 1908*; im folgenden mit *a. a. O. 3* bezeichnet.

sind an den Enden des Hebelarms und gegenüber in dem am Würfel befestigten Plattenhalter $T\,T$ (Fig. 1 u. 4) in ringförmige Fassungen eingesetzt. Die Platten des Hebelarms, $P_1\,P_2$, bleiben unverändert, nachdem einmal ihre schwach versilberten Flächen der durch die Achsen a_1 und a_2 bestimmten Ebene möglichst parallel gestellt sind. Die Platten $P_1'\,P_2'$ dagegen können in einer in Abschn. 5 zu beschreibenden Weise justiert und dadurch den Platten $P_1\,P_2$ parallel gestellt werden, bis scharfe Interferenzringe erscheinen.

Als Ort der bei Belastung oder Entlastung des Stabes eintretenden Ringverschiebung gelten die Mittelpunkte der an den Hebelarmenden befindlichen Blenden b_1 und b_2 von 0,5 *cm* Durchmesser, welche nur die zentralen Teile der Plattenpaare zur Wirkung kommen lassen. Die Blenden wurden mittels der aus Fig. 1 ersichtlichen Verstellvorrichtung ein für allemal so justiert, daß die Verbindungsgerade ihrer Mittelpunkte die Spitze s trifft und auf den Achsen $a_1\,a_2$ senkrecht steht.

Für das Hebelübersetzungsverhältnis $\frac{b}{a}$ berechnen sich aus den mit der Teilmaschine gemessenen Abständen je einer Achse von den Blendenmitten einerseits und der Mittelspitze andererseits folgende Zahlen, die den vier zwischen den Achsen und Blenden möglichen Kombinationen entsprechen.

	Blende 1	Blende 2
Achse 1	9,96	12,00
Achse 2	11,98	10,02

3. Aufhängung des Apparats.

Der im vorigen beschriebene Apparat muß den mit der Längenänderung des Stabes verbundenen Auf- und Abwärtsbewegungen des untersuchten Querschnitts Q ohne Widerstand folgen. Dies ist der Fall, wenn die Meßkuppen die einzigen Berührungsstellen zwischen Apparat und Stab bilden. Da die Kuppen aber durch ihre Reibung am Stabe das Apparatgewicht nicht zu tragen vermochten, so mußten sie durch eine besondere Vorrichtung entlastet werden.

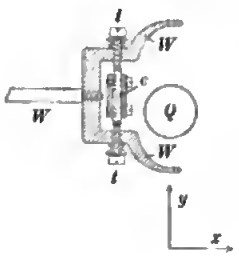


Fig. 3.

Der Würfel A wurde mit vier zu seinen oberen Ecken führenden, in ihrer Länge verstellbaren Kettchen (Fig. 4) am kurzen Arm einer ungleicharmigen Wage aufgehängt, deren gabelförmiger Balken W (Fig. 3 u. 4) mittels der Lagerschneidchen $t\,t$ auf die Achse c drehbar aufgesetzt ist. Die Achse c ist durch die Klemmvorrichtung K (Fig. 4) mit dem oberen Teile des Stabes fest verbunden. Bei der Konstruktion von K ist dafür gesorgt, daß nach fertiger Justierung des Apparats (Abschn. 4) der Gesamtzug der Ketten auf den Würfel A keine horizontale Komponente besitzt.

Das auf dem langen Wagearm verschiebbare Gewicht p_1 hält dem Querkontraktionsapparat das Gleichgewicht. Da die Drehachse c und die Angriffspunkte der Lasten in einer Ebene liegen, so ist das Gleichgewicht indifferent, die Meßknppen sind also dauernd entlastet. Andererseits genügt ihre Reibung, um den Apparat bei den Längenänderungen des Stabes mitzuführen.

Das mit K verbundene, in horizontaler Ebene beliebig verstellbare Gewicht p_2 wird nach dem Ansetzen des Apparats so gestellt, daß der Stab senkrecht hängt.

4. Justierung des Apparats.

Der Apparat wird durch eine besondere Vorrichtung justiert. Stellen wir uns vor, er solle erst an den Stab angesetzt werden. Man steckt zunächst den Stab durch die Klemme K und den Würfel A und schraubt die Klemme fest. Dann stellt man den Wagebalken W horizontal und führt mittels der Mutter M_3, welche auf dem mit A fest verbundenen Gewindestift G verstellbar ist (Fig. 1 u. 2), zwangsläufig den auf der Ober- und Unterfläche des Würfels A gleitenden Doppelschlitten $E\,E$ (Fig. 1, 2 u. 4) gegen den Stab, bis die trapezförmigen, völlig gleich und symmetrisch zur yz-Ebene gearbeiteten Ausschnitte der Schlitten den Stab in die richtige Lage gezwängt haben. In dieser muß der Zylinder C so weit gegen die Spitze s zurückgedrückt sein, daß der Hebelarm senkrecht zur y-Achse steht. Man beurteilt dies mit hinreichender Genauigkeit nach den Abständen der Interferenzplatten $P_1\,P_1'$ und $P_2\,P_2'$.

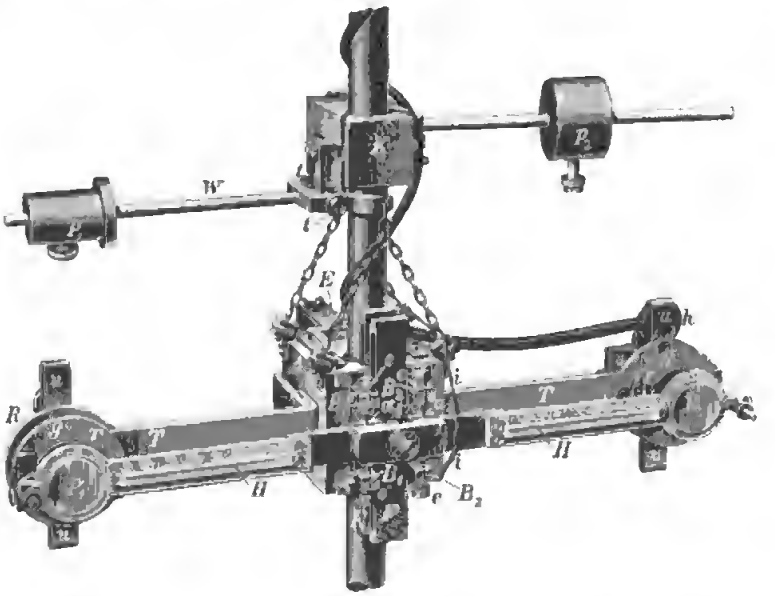


Fig. 4.

Nunmehr werden die Kettchen, an denen der Apparat hängt, mit ihrer Stellvorrichtung (Fig. 4) gleichmäßig angezogen, und erst dann wird die Schraube S bis zur Berührung ihrer Kuppe mit dem Stabe eingeschraubt und die Gegenmutter M_1 fest angezogen. Schraubt man jetzt den Schlitten E zurück, so behält der Würfel A seine richtige Lage zum Stabe. Die Justierung des Apparats am Stabe ist damit beendigt.

Die einmalige richtige Einstellung der Kettchen würde für alle Versuche genügen, wenn die Stäbe vollkommen gerade wären. Da sie das nicht sind, kann bei verändertem Ansetzen des Apparats eine kleine Verstellung der Ketten nötig werden.

5. Justiervorrichtung der Platten.

Haidingersche Ringe erfordern Parallelismus der sich gegenüberstehenden spiegelnden Planflächen. Bei der Kleinheit der durch die elastischen Kontraktionen bewirkten Hebelarmdrehungen büßt jedoch das Ringbild nicht viel an Schärfe ein. Dagegen wird es infolge von Temperaturänderungen und Erschütterungen schneller undeutlich, als früher beim Dehnungsapparat. Deshalb mußte die Möglichkeit geschaffen werden, auch während eines Versuchs die Einstellung der Platten zu verbessern,

ohne den Stab Temperaturänderungen oder Erschütterungen auszusetzen. Hierzu erwies sich ein auf hydraulischer Druckübertragung beruhendes Verfahren von Fabry und Perot[1]) sehr geeignet. Die nach diesem Prinzip am vorliegenden Apparat getroffene Einrichtung erkennt man aus den Fig. 1 u. 4.

Der Plattenhalter TT hat ringförmige Enden R, die mit den ringförmigen Plattenfassungen r durch je drei Gewindestifte g verbunden sind. Die Stifte g gehen durch entsprechende Bohrungen in den Ringen R frei hindurch und dienen mit ihrem glatten Teil als Halt für die zwischen R und r zusammengedrückten Spiralfedern f, während die am Ende eingeschnittenen Gewinde die Muttern m aufnehmen. Diese Muttern werden durch die Kraft der Spiralfedern gegen die an den Ringen R festgeschraubten U-förmig gebogenen Messingfedern u gepreßt, welche also eine der Spiralfederkraft entsprechende Durchbiegung erfahren.

Die bisher beschriebenen Teile können zur groben Justierung der Platten $P_1' P_2'$ dienen, etwa bis zum Erscheinen eines undeutlichen Ringbildes. Eine feinere Verstellung der Muttern m ist jedoch mit der Hand kaum auszuführen.

Nun sind zwischen die U-Federn Kautschukbeutelchen[2]) h eingeschoben, deren Wasserfüllungen durch kurze, um den Stab geschlungene Schlauchleitungen und anschließende Glasröhren und Schläuche mit Wasserbehältern in Verbindung stehen. Diese fassen einige Kubikzentimeter und können vom Beobachtungsplatz aus in ihrer Höhe auf einer Länge von 140 *cm* bequem verstellt werden. Dadurch wird die Durchbiegung der Federn u verändert und eine äußerst feine Justierung der Platten $P_1' P_2'$ ermöglicht. Zwei Druckleitungen für jede Platte reichen aus, die dritte erleichtert jedoch im vorliegenden Falle die Einstellung.

6. Beobachtung der Ringe und Einfluß von Temperaturschwankungen.

Zur Erzeugung der Haidingerschen Ringe diente wie früher eine Quecksilberlampe, deren Licht nach Passieren von Spalt und Linse in der Richtung der positiven y-Achse (Fig. 1) durch die Plattenpaare trat. Man beobachtete, ebenfalls wie früher, mit einem Fernrohr und davor gesetztem geradsichtigem Prisma, um nur das grüne Ringsystem ($\lambda = 0{,}546\ \mu$) im Gesichtsfelde zu haben. Lampe und Fernrohr standen mit den zugehörigen Teilen je auf einer fahrbaren Unterlage und konnten bequem von einem zum andern Plattenpaar verschoben werden.

Über die Beobachtung der Ringverschiebung gilt das in der früheren Abhandlung (*a. a. O. 1*, Abschn. 6) Gesagte, besonders also, daß solche Belastungen ausprobiert werden, welche das Ringbild um eine ganze Zahl von Ringen verschieben. Durch die damit verbundene Schnelligkeit der Einzelbeobachtung wird der jetzt noch mehr als früher zu befürchtende Einfluß von Temperaturänderungen vermieden. Als Temperaturschutz genügt wieder ein übergeschobener Holzkasten mit Glasfenstern, dessen Innentemperatur an einem $^1/_{10}{}^0$-Thermometer abgelesen wird.

Drehende Bewegungen des an einer Stahlsaite hängenden Stabes um seine vertikale Achse bringen starke seitliche Verschiebungen der im Fernrohr gesehenen Ringsysteme hervor. Sie wurden nahezu beseitigt, indem man an den *a. a. O. 1* in Fig. 2 und 3 abgebildeten, in Glyzerin tauchenden Dämpferflügeln oben noch Pinseldämpfung anbrachte. Im übrigen wurden die Verschiebungen wie früher links und rechts vom Ringzentrum beobachtet und gemittelt.

[1]) Ch. Fabry und A. Perot, *Ann. de chim. et de phys.* **22**, *S. 564. 1901*; Referat in *dieser Zeitschr.* **21**, *S. 237. 1901.*

[2]) Es sind dieselben, wie man sie in Momentverschlüssen photographischer Apparate verwendet.

7. Durchführung einiger Versuche.

Die in den Tab. 1 und 2 ausführlich mitgeteilten Versuche sollen zeigen, welche Genauigkeit bei der Beobachtung der kleinen Verschiebungen erreicht wurde, daß insbesondere ein toter Gang infolge von Reibung bei der Achsendrehung des Hebelarms nicht festzustellen war, daß sich aber andere Mängel in der Versuchsanordnung störend bemerkbar machten.

Tab. 1 und 2 sind ähnlich eingerichtet wie die Tab. 1 bis 3 der früheren Abhandlung (*a. a. O. 1*). Es enthält Spalte 1 das benutzte Plattenpaar und die Zeitangabe, 2 die Temperatur ϑ, 3 die Dauerbelastung β, 4 die Anzahl ν der gewanderten Ringe, 5 und 6 die Belastungen π_l und π_r, welche eine Verschiebung von ν Streifen links bezw. rechts vom Ringzentrum bewirken. Spalte 7 gibt die mittlere Verschiebung für 1 *kg* Belastung $\frac{\nu}{\pi} = \frac{1}{2}\left(\frac{\nu}{\pi_l} + \frac{\nu}{\pi_r}\right)$ und prüft somit die Proportionalität der Verschiebung mit der Belastung für das einzelne Plattenpaar. Dividiert durch das Übersetzungsverhältnis $\mathfrak{h}$ des betreffenden Hebelarms (*S. 92*) gibt ν/π die Verschiebung der Hebelarmspitze s gegen den Würfel A bezw. die Änderung des Stabdurchmessers d in Lichthalbwellen für 1 *kg* Belastung $\left(\frac{\Delta d}{\pi} = \frac{1}{\mathfrak{h}}\frac{\nu}{\pi}\right.$, Spalte 8$\left.\right)$.

Zu dem Versuche am Silberstabe (Tab. 1) ist folgendes zu bemerken. Spalte 7 zeigt keinen Gang der Zahlen ν/π, der auf einen toten Gang in der Achsendrehung schließen ließe. Selbst die Verschiebung um einen einzelnen Ring scheint unter günstigen Verhältnissen auf $\pm 1\%$ sicher zu sein, was in der Durchmesseränderung bei Benutzung des längeren Hebelarms einer Genauigkeit von $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ *cm* entspricht. Die an beiden Plattenpaaren beobachteten Durchmesseränderungen $\Delta d/\pi$ unterscheiden sich nur um 1 %.

Tabelle 1. *Silber.* Durchmesser $d = 1{,}109$ *cm*.
Versuch vom 20. 4. 1907. Achse a_1 im Lagerbock B_2.

1	2	3	4	5	6	7	8
	ϑ	β	ν	π_l	π_r	$\frac{\nu}{\pi}$	$\frac{\Delta d}{\pi} = \frac{1}{\mathfrak{h}}\frac{\nu}{\pi}$
	° C.	*kg*	Ring	*kg*	*kg*	Ring/*kg*	$^1/_2\lambda$/*kg*
Plattenpaar 1.							
$11^h\ 9^m$	16,05	5	5	21,77	21,77	0,2296	
22	,15	5	4	17,32	17,37	2306	
39	,20	5	3	13,02	13,07	2299	0,01917
46	,23	5	2	8,72	8,72	2294	
52	,26	5	1	4,32	4,32	2315	
Plattenpaar 2.							
$12^h\ 8^m$	,31	5	1	5,32	5,32	0,1880	
13		5	2	10,62	10,67	1879	0,01896
20		5	3	15,92	15,82	1890	
26	,36	5	4	21,17	21,17	1890	

Weniger günstig sind die Ergebnisse der mit Aluminium I angestellten, in Tab. 2 mitgeteilten Versuche, welche einige Mängel der Versuchsanordnung in besonders starkem Maße zeigen. Dies steht vielleicht damit im Zusammenhang, daß die schwächeren, sonst nur für die weichen Stäbe (Blei, Kadmium, Zinn, Wismut) bestimmten Federn F in den Apparat eingesetzt waren (Abschn. 1). Versuch 2 unter-

scheidet sich von 1 nur dadurch, daß der Stab eine halbe Umdrehung um seine Längsachse innerhalb des Apparats erfahren hatte. Die Meßkuppen lagen also am gleichen Durchmesser an.

Tabelle 2. *Aluminium I.* Durchmesser $d = 1{,}299$ *cm*.
Versuch 1 vom 28. 9. 1907. Achse a_1 im Lagerbock B_2.

1	2	3	4	5	6	7	8
	ϑ	β	ν	n_l	n_r	$\frac{\nu}{n}$	$\frac{\Delta d}{n} = \frac{1}{b}\frac{\nu}{n}$
	°C.	kg	Ring	kg	kg	Ring/kg	$^1/_2\,\lambda$/kg
Plattenpaar 1							
$12^h\ 32^m$	17,7	5	1	5,67	5,52	0,1788	0,01490
		5	2	11,22	10,77	1819	1516
		5	3	16,67	16,17	1827	1522
$1^h\ 7^m$		5	4	22,12	21,67	1827	1522
Plattenpaar 2							
$1^h\ 30^m$		5	1	6,22	6,42	0,1583	1589
		5	2	12,47	12,97	1573	1579
		5	3	18,97	19,42	1563	1569
Versuch 2 vom 29. 9. 1907. Stab innerhalb des Apparats um 180° gedreht.							
Plattenpaar 2							
	17,2	5	1	5,52	5,92	0,1750	0,01757
		5	2	10,92	11,57	1780	1787
$10^h\ 26^m$		5	3	16,37	17,32	1783	1790
Plattenpaar 1							
$10^h\ 46^m$		5	1	4,42	4,17	0,2330	1942
		5	2	8,77	8,47	2320	1933
		5	3	13,37	12,97	2278	1898
$11^h\ 7^m$		5	4	17,87	17,32	2274	1895

Die Größe $\left(\frac{1}{b}\frac{\nu}{n}\right)$, Spalte 8, zeigt nun

1. in beiden Versuchen einen mehrere Prozent betragenden Unterschied zwischen den für beide Plattenpaare gefundenen Zahlen,
2. für jedes einzelne Plattenpaar einen geringen Gang der Zahlen, und zwar in dem Sinne, daß die unter 1. genannte Differenz mit zunehmender Belastung abnimmt,
3. einen sehr erheblichen Unterschied zwischen den für den gleichen Stabdurchmesser aus Versuch 1 und 2 abgeleiteten Zahlen $\frac{1}{b}\frac{\nu}{n}$.

Bei idealer Versuchsanordnung hätten die Zahlen von Spalte 8 offenbar sämtlich gleich sein müssen. Im folgenden soll versucht werden, die Abweichungen zu erklären und die darin sich offenbarenden Fehler zu eliminieren.

8. Elimination der Fehlerquellen.

Die oben unter 1. und 2. genannten Mängel rühren daher, daß die relative Bewegung des Hebelarms H gegen die Platten $P_1' P_2'$ außer der Drehung um seine Achse noch eine translatorische Bewegung umfaßt. Man konnte diesen Effekt unmittelbar beobachten. Dazu wurden *beide* Achsen a_1 und a_2 in ihren Lagern festgestellt und die Schraube S nur so weit gegen den Stab geschraubt, daß die Spitze s

vom Zylinder C unberührt blieb. Als man belastete, war trotzdem eine Kontraktion der Interferenzringe an *beiden* Plattenpaaren deutlich zu sehen.

Es ist klar, daß durch die damit erwiesene Verschiebung des Hebelarms, bezw. der Lagerböcke, gegen $P_1' P_2'$ die Querkontraktion am einen Plattenpaar zu groß, am andern zu klein beobachtet werden muß. Ist die Verschiebung eine reine Translation, so werden die beiderseits bei gleicher Belastung beobachteten Ringverschiebungen um denselben absoluten Betrag gefälscht. Ihre Summe muß von dem Fehler befreit sein. Bezeichnen $\pm \xi$ die Fehler durch die Translation, $\mathfrak{h}_1$ und $\mathfrak{h}_2$ die Hebelübersetzungszahlen für beide Plattenpaare bezw. Blenden (*S. 92*), so ist für eine bestimmte Belastung π

$$\nu_1 + \xi = \mathfrak{h}_1 \Delta d,$$
$$\nu_2 - \xi = \mathfrak{h}_2 \Delta d,$$

also

$$\nu_1 + \nu_2 = (\mathfrak{h}_1 + \mathfrak{h}_2)\, \Delta d$$

und

$$\frac{\Delta d}{\pi} = \frac{1}{\mathfrak{h}_1 + \mathfrak{h}_2} \left[\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_1 + \left(\frac{\nu}{\pi}\right)_2 \right]. \qquad 1)$$

Bei dieser Berechnung der Durchmesseränderung wird die rein translatorische Bewegung eliminiert. (Nähme man in Spalte 8 (Tab. 2) das arithmetische Mittel der zu gleichen Belastungen gehörigen Zahlen $\frac{1}{\mathfrak{h}_1}\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_1$ und $\frac{1}{\mathfrak{h}_2}\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_2$, so erhielte man etwas andere $\frac{\Delta d}{\pi}$. Praktisch kommt der Unterschied allerdings kaum in Betracht.)

Der Gang der Zahlen $\frac{1}{\mathfrak{h}} \frac{\nu}{\pi}$ für das einzelne Plattenpaar läßt sich daraus erklären, daß jene Translation ξ der Belastung nicht proportional ist, sondern mit wachsender Belastung abnimmt. In der Tat fällt der Gang fort, wenn ξ eliminiert ist. Dies beweist Tab. 3, in der für $\pi = 6, 12, 18\ kg$ $\frac{\Delta d}{\pi}$ nach Formel 1) aus den interpolierten Größen $\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_1$ und $\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_2$ berechnet ist.

Tabelle 3. *Aluminium I.*

Versuch 1.				Versuch 2.			
π	$\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_1$	$\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_2$	$\frac{\Delta d}{\pi}$	π	$\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_1$	$\left(\frac{\nu}{\pi}\right)_2$	$\frac{\Delta d}{\pi}$
kg	Ring/*kg*	Ring/*kg*	$^1/_2\lambda$/*kg*	*kg*	Ring/*kg*	Ring/*kg*	$^1/_2\lambda$/*kg*
6	0,1790	0,1583	0,01537	6	0,2326	0,1751	0,01857
12	1821	1574	1546	12	2288	1780	1853
18	1827	1565	1545	18	2273	1784	1848
			0,01545				0,01850

Die Ursache jener Verschiebung ξ hat man vielleicht in einer Durchbiegung der Arme des Plattenhalters T zu sehen. Man könnte vermuten, daß erst bei sehr großer Belastung der Stab eine genau vertikale Lage einnimmt, und daß vorher bei veränderlicher Neigung des Stabes und des daran sitzenden Apparates die Arme T durch ihr eigenes Gewicht eine veränderliche Durchbiegung erfahren. Jedenfalls schien der Fehler geringer zu sein, als die Arme T an den *Seitenwänden* des Würfels A angeschraubt waren, wie z. B. bei dem Versuche in Tab. 1.

Die oben vorausgesetzte rein translatorische Verschiebung ξ würde nach diesem Erklärungsversuch darauf beruhen, daß beide Arme T gleichermaßen durchgebogen werden. Ein Unterschied in der Durchbiegung müßte sich bei wechselndem Gebrauche

der Lagerböcke B_1 und B_2 unter sonst gleichen Verhältnissen offenbaren. Denn er würde dasselbe bewirken wie eine kleine Drehung der Plattenebene $P_1' P_2'$ gegen die Achslagerebene. Eine solche Drehung aber müßte sich zur Hebelarmdrehung addieren oder subtrahieren, je nachdem das eine oder andere Achslager gebraucht wird. In der Tat ergaben *alle* Versuche mit Achslager 1 kleinere Querkontraktionen als die mit Lager 2. Der Unterschied beträgt allerdings in der Regel nur etwa 1,3 %. Da die übrigen Versuchsfehler nicht viel geringer sind, so kann man sich, um nicht alle Versuche mit beiden Achslagern machen zu müssen, mit einer mittleren Korrektion (0,6 %) begnügen.

Der im vorigen Abschnitt an dritter Stelle genannte Fehler hat eine sehr merkwürdige Ursache.

Von den Dehnungsmessungen her ist bekannt, daß die Stäbe beim Belasten sich biegen. Der von den Meßkuppen berührte Stabquerschnitt dreht sich also gegen die den Apparat tragende, am oberen Stabende befestigte Klemme K (Fig. 4). Angenommen, die Klemme K ändere ihre Neigung zur xy-Ebene nicht, der Querschnitt Q aber drehe sich um die x-Achse. (Eine Drehungskomponente um die y-Achse kommt hier nicht in Betracht.) Dann kann der Würfel A samt der Schraube S wegen der Kettenverbindung mit K ebenfalls keine Drehung gegen die xy-Ebene ausführen. Dagegen erlauben dies die biegsamen Federn F dem Zylinder C (Fig. 2). Dieser erleidet, mit seiner Kuppe der Drehung des Querschnitts Q folgend, eine Drehung in der yz-Ebene, deren Sinn vom Sinne der Stabbiegung abhängt.

Eine Drehung von C wird im allgemeinen auf die gemessene Durchmesseränderung Einfluß haben. Je nach der Auflagerstelle der Spitze s auf der Endfläche von C und je nach dem Drehungssinn des Zylinders wird sich die Spitze infolge der Drehung dem Stabe nähern oder von ihm entfernen[1]). Diese Verschiebung wird allerdings unmerklich, wenn Spitze s und Berührungspunkt zwischen Kuppe und Stab auf *einem* Stabradius liegen. Sofern es aber nicht gelingt, diese Bedingung vollständig zu erfüllen, ist man auf Elimination des Fehlers angewiesen, dadurch, daß man durch eine halbe Umdrehung des Stabes im Apparat den Sinn der Zylinderdrehung und damit ihren Einfluß auf die beobachtete Querkontraktion umkehrt und die zusammengehörigen Beobachtungen mittelt.

Die Abhängigkeit des Biegungseffekts von der Auflagerstelle und seine Elimination durch die geschilderte Doppelbeobachtung zeigt die auf den Silberstab bezügliche Tab. 4.

Tabelle 4.

	Stellung I	Stellung II
→	0,02056	0,02170
←	1890	1782
Mittel ←→	1973	1976

Sie gibt die scheinbaren Änderungen eines Durchmessers in $^1/_2 \lambda/kg$ bei zwei verschiedenen Stellungen I und II der Spitze s. In Stellung II liegt s um 0,37 *mm* tiefer als in I. Zeile 2 unterscheidet sich von 1 dadurch, daß der Stab um 180° gedreht ist, was durch die gegen einander gerichteten Pfeile angedeutet sein mag. Die Elimination des Biegungseffekts durch Mittelbildung aus Zeile 1 und 2 führt in beiden Spitzenstellungen fast zum gleichen Zahlenwerte. Und zwar stimmt dieser hinreichend

[1]) Streng genommen kommt auch der Krümmungsradius der Zylinderkuppe in Betracht.

überein mit den für andere Durchmesser desselben Stabes erhaltenen Werten, bei denen der Biegungseffekt viel geringer oder überhaupt unmerklich war. Man ersieht dies aus Tab. 5, in der für die Stäbe Silber und Aluminium I die endgültigen Versuche (sämtlich mit Stellung I der Spitze s) vereinigt sind. Für jeden Stab sind zwei Querschnitte auf $^1/_3$ und $^2/_3$ der Stablänge, in jedem Querschnitt zwei aufeinander senkrechte Durchmesser untersucht. Die Pfeile im Tabellenkopf geben wieder die Richtung, in der der Apparat an den Stab angesetzt ist. Spalte 6 und 7 geben die Mittelzahlen für die beiden aufeinander senkrechten Durchmesser. Am Silberstab sind alle Versuche mit beiden Achslagern durchgeführt, und der Mittelwert $\frac{\Delta d}{\pi}$ von Spalte 8 mag für diesen Stab als endgültig angesehen werden. Die Zahlen für Aluminium I sind mit Lagerbock B_2 gewonnen und bedürfen nach dem oben Gesagten einer Korrektion von etwa $-0{,}6\,\%$, die an der Mittelzahl in Spalte 8 bereits angebracht ist.

Tabelle 5. Durchmesseränderung in $^1/_2 \lambda/kg \cdot 10^{-5}$.

1	2	3	4	5	6	7	8
	→	←	↑	↓	⟷	↕	$\frac{\Delta d}{\pi}$ Mittel
Silber							
Querschnitt 1, Achslager 1	2056	1890	1976	1941	1973	1958	1981
„ „ 2	2047	1940	1996	1975	1993	1985	
„ 2, „ 1	1994	1970	1987	1943	1982	1965	
„ „ 2	2009	1996	1997	1984	2002	1990	
Aluminium I							
Querschnitt 1, Achslager 2	1545	1850	1697	1748	1697	1722	1707
„ 2, „ 2	1655	1791	1721	1732	1723	1726	

9. Ergebnisse.

Aus den in Tab. 5 abgeleiteten Mittelwerten von $\frac{\Delta d}{\pi}$ erhält man durch Multiplikation mit $\lambda/2 = 273 \cdot 10^{-7}$ *cm* und Division durch d [*cm*] die sogenannte Querkontraktion ζ in [$1/kg$]. Ihr Verhältnis zu der aus den Dehnungsversuchen bekannten Längsdilatation ε[1]) ergibt die gesuchte Zahl μ. Es folgt also für die beiden Stäbe

Silber	Aluminium I.
$\zeta = 0{,}488 \cdot 10^{-6}$ [$1/kg$]	$\zeta = 0{,}359 \cdot 10^{-6}$ [$1/kg$]
$\varepsilon = 1{,}286 \cdot 10^{-6}$ „	$\varepsilon = 1{,}059 \cdot 10^{-6}$ „
$\mu = 0{,}379$	$\mu = 0{,}339$.

Die Zahlen sind nur aus zwei Querschnitten des Stabes abgeleitet, und es kann natürlich bedenklich erscheinen, sie als Mittelwerte für die Stäbe anzusehen. Zwar kann man durch Häufung der Beobachtungen die Wahrscheinlichkeit des Mittelwertes für das betreffende Stabindividuum erhöhen. Da aber andere Stäbe von „gleichem" Material individuelle Unterschiede in den elastischen Konstanten zeigen, so lohnt es sich kaum, die immerhin mühsamen und zeitraubenden Beobachtungen an *einem* Stabe sehr weit auszudehnen. Auch läßt sich schwerlich der Beweis erbringen, daß keinerlei konstanter Fehler mehr in der Versuchsanordnung steckt. Die größere Genauigkeit wäre also vielleicht eine eingebildete.

[1]) *a. a. O. 2, Tab. 7.*

Die Tatsache, daß man bei der einzelnen Querkontraktionsmessnng nur einen sehr begrenzten Teil des Materials der Prüfnng unterzieht, biidet aiso einerseits einen entschiedenen Nachteil dieser Methode, wenn es sich um Bestimmung von Mittelwerten handeit. Andererseits gestattet sie, sich ein Urteii über die elastische Homogenität nnd Isotropie des Materiais zu verschaffen. Doch sei bezüglich dieses Punktes auf die *a. a. O. 3* gegebene Darsteiiung verwiesen[1]).

Tabelle 6.

Material	E kg/mm²	μ	$\varkappa \cdot 10^6$ cm²/kg	Material	E kg/mm²	μ	$\varkappa \cdot 10^6$ cm²/kg
gezogen				*gegossen*			
Aluminium . .	7190	0,343	1,31	Kadmium . .	5090	0,30	2,4
„ I . .	7120	0,339	1,36	Zinn	5540	0,33	1,9
„ II . .	7320	0,334	1,36	Blei	1656	0,44$_5$	2,0
Kupfer IV . . .	12500	0,348	0,73	Wismut . . .	3250	0,33	3,1
„ VI . . .	13040	0,337	0,75	Palladium . .	11480	0,393	0,56
Silber	8050	0,379	0,90	Platin II . . .	17080	0,387	0,40
Gold I	7780	0,423	0,59	Rotguß (Bronze)	8240	0,358	1,03
„ II	8120	0,420	0,59				
Nickel	20540	0,309	0,56				
Eisen I	21680	0,280	0,61				
Stahl	21320	0,287	0,60				
Konstantan . .	16590	0,325	0,63				
Manganin . . .	12640	0,329	0,81				

Es genüge, hier das Endergebnis für die untersuchten Stäbe in Tab. 6 mitzuteiien. Von den früher[2]) aufgezählten Stäben sind einige ausgeschieden; dagegen sind Aluminium I und II sowie Kupfer VI neu dazugekommen[3]). Die Tabelle enthält den Elastizitätsmodul E (statisch gemessen, nur für die drei letztgenannten Stäbe aus dem Longitudinalton), das Verhältnis μ und die nach der Formel

$$\varkappa = \frac{3(1-2\mu)}{E}$$

berechnete *kubische Kompressibilität*. Für die weichen Stäbe (Cd, Sn, Pb, Bi) sind die Zahlen ziemlich unsicher[4]). Von den angeführten Metallen ist Platin am wenigsten zusammendrückbar. Bei 1 Atm. Druckerhöhung ändert sich sein Volumen nur um 0,4 Milliontel seines Wertes.

[1]) S. auch den Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt in *dieser Zeitschr. 28. S. 102. 1908.*

[2]) *a. a. O. 1. S. 51.*

[3]) Zur Charakterisierung dieser Stäbe sei die chemische Analyse, die ich Hrn. Groschuff verdanke, sowie das im Schwachstromlaboratorium der Reichsanstalt bestimmte elektrische Leitvermögen und sein Temperaturkoeffizient angeführt:

	Chem. Zusammensetzung	Dichte	El. L.-V. (15°) cm^{-1} Ohm^{-1}	Temp.-Koeff.
Al I	1,1 % Si; 0,5 % Fe; 0,05 % Cu	2,71	35,1 × 10^4	4,1 ‰
„ II	1,6 % Si; 0,5 % Fe; 5,7 % Cu	2,81	32,0 „	3,8 „
Cu VI	0,15 % As; 0,03 % Fe; Spur Ni	8,93	53,0 „	3,5 „

[4]) Vgl. *a. a. O. 3.*

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1907[1]).

A. Allgemeines.

Dienstreisen und Teilnahme an Versammlungen.

Am 14. Februar nahm Dr. Rothe an der in Berlin tagenden Jahresversammlung des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte (E. V.) teil und hielt dort einen Vortrag über Seger-Kegel.

Prof. Orlich und Dr. Schering besichtigten am 21. März die Schaltanlage des elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule in Hannover sowie das Hochspannungswerk Leinhausen. Am 18. August besuchte Prof. Orlich zur Abnahmeprüfung eines von der Reichsanstalt hestellten Hochspannungstransformators die Siemens-Schuckert-Werke in Nürnberg.

Geh. Reg.-Rat Wiehe nahm am 10. April in Manebach an einer Vorstandssitzung des Vereins Deutscher Glasinstrumenten-Fabrikanten teil und revidierte im Anschluß hieran die Prüfungsanstalt für Glasinstrumente in Ilmenau sowie die Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer in Gehlberg. Auf der Hauptversammlung des obigen Vereins in Ilmenau am 19. August hielt er einen Vortrag über die Weltausstellung in Mailand mit besonderer Berücksichtigung der Mechanik und Glasindustrie.

Prof. Scheel war als Vertreter der Reichsanstalt auf der Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie in Hamburg (9. bis 12. Mai) und hielt dort einen Vortrag über die Bestimmung der Brechungsexponenten von Gasen bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft.

Geh. Reg.-Rat Mylius besuchte am 17. und 18. Juni das Glaswerk Schott & Gen. zu Jena zum Zweck der Besprechung der Prüfung optischer Gläser.

Prof. Fenßner nahm an der Generalversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Stettin (9. bis 13. Juni) teil, revidierte vom 2. bis 19. September die Elektrischen Prüfämter in Chemnitz, Ilmenau, Nürnberg, München, Frankfurt a. M., Bremen und Hamburg und besichtigte hierbei auch die elektrische Abteilung der Firma Schott & Gen. in Jena.

Zwecks Besprechung der bisherigen Versuche über die Magnetisierbarkeit von Eisenlegierungen und Verabredung der Lieferung neuer Proben besuchte Prof. Gumlich (2. bis 16. Juli) die Werke der Hüstener Gewerkschaft in Hüsten, der Lindenberg A.-G. in Remscheid-Hasten, des Hütten-Aktien-Vereins Rote Erde, des Phönix in Ruhrort, der Akt.-Ges. Fr. Krupp in Essen, des Bochumer Vereins, des Eisenwerks Hösch in Dortmund und des Eisenhüttenwerks in Geisweid, die Feinblechwalzwerke von Caplto & Klein in Benrath und von Gebr. Rensch in Hoffnungstal. In Hagen i. W. besichtigte Prof. Gumlich das Gußstahlwerk von H. Remy und speziell die Fabrikation permanenter Magnete; in Aachen erledigte er Besprechungen mit Prof. Wüst und Dr. Goerens von der dortigen Technischen Hochschule.

Bei den Verhandlungen der internationalen Lichtmeßkommission in Zürich (18. bis 20. Juli) vertrat Prof. Brodhun, bei den Verhandlungen des 18. deutschen Mechanikertages in Hannover (2. bis 3. August) der Werkstattsvorsteher Franc von Liechtenstein die Reichsanstalt, welcher dort über die gemeinsam mit Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Mylius angestellten Versuche zur Verbesserung der Methoden der Metallfärbung berichtete. Außerdem nahmen an den Verhandlungen des Mechanikertages Prof. Lindeck und der Technische Rat Blaschke teil.

Prof. Holborn hielt auf Einladung der *British Association* auf ihrer Jahresversammlung in Leicester einen Vortrag über Strahlungs-Pyrometrie und nahm auch an den weiteren dortigen Verhandlungen teil (31. Juli bis 7. August).

An der Naturforscherversammlung in Dresden (16. bis 20. September) nahmen Dr. Gehrcke im amtlichen Auftrage, außerdem außeramtlich Prof. Lindeck, Prof. Scheel,

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1908 erstatteten Tätigkeitsbericht.

Prof. Diesselhorst, Techn. Rat Blaschke, Dr. Rothe, Dr. Henning, Dr. Heuse und Dr. Reichenheim teil. Von diesen wurden folgende Vorträge gehalten:

Reichenheim: Anodenstrahlen (gemeinsam mit Gehrcke); Gehrcke: Die Strahlen der positiven Elektrizität (gemeinsam mit Reichenheim), Einfaches Interferenzspektroskop; Scheel: Thermische Ausdehnung fester Körper in tiefer Temperatur; Heuse: Bestimmung der Ausdehnung des Platins zwischen — 183° und Zimmertemperatur mit dem Komparator und dem Fizeauschen Apparat (gemeinsam mit Scheel); Blaschke: Der Transversalkomparator der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt; Henning: Über die spezifische Wärme von Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bis zu 1400° C. (gemeinsam mit Holborn); Diesselhorst: Analyse elektrischer Schwingungen mit dem Glimmlichtoszillographen.

Am 22. u. 23. Dezember besichtigte Dr. Gehrcke bei Prof. Runge im Physikalischen Institut in Göttingen die Aufstellung eines Rowlandschen Gitters.

Der unterzeichnete Präsident hat im Oktober gelegentlich einer Reise nach Zwickau auf der Rückreise in Chemnitz die Fabriken von Poege und von Max Kohl, das Institut von Prof. Weinhold und das Elektrische Prüfamt besucht.

B. Abteilung I.

I. Mechanik und Wärmelehre[1]).

1. Elastizitätskonstanten von Metallstäben[2]).

Die Querkontraktionsmessungen sind an 20 Stäben abgeschlossen. Von dem allgemeinen Ergebnis der Messungen sei hervorgehoben, daß die Kontraktion eines Querschnitts keineswegs immer gleichmäßig erfolgt, sondern für verschiedene Durchmesser verschieden sein kann. Hierdurch wird die Anisotropie des Materials aufs deutlichste bewiesen. Es zeigt sich, daß als mittlere Kontraktion des Querschnitts die Summe der Kontraktionen zweier aufeinander senkrechter Durchmesser angesehen werden kann. Verschiedene Querschnitte geben nur in vereinzelten Fällen Unterschiede, welche die Versuchsfehler übersteigen und deshalb Inhomogenität beweisen.

Das Verhältnis μ der Querkontraktion zur Längsdilatation bei einseitigem Zuge schwankt für die untersuchten Stäbe zwischen $^1/_2$ bis $^1/_4$. Kleine Mengen fremder Stoffe im reinen Metall (Cu, Al, Au) beeinflussen μ wenig. Bei den Legierungen Konstantan und Manganin liegen die Werte etwa der Mischungsregel gemäß.

Für die reinen Metalle ergeben sich folgende Werte μ:

	Ph	Au	Pd	Pt	Ag	Cu	Al	Bi	Sn	Ni	Cd	Fe	Ir
$\mu =$	$0{,}44_6$	0,42	$0{,}39_3$	0,39	0,38	$0{,}34_8$	0,34	0,33	0,33	0,31	0,30	0,28	—
$\frac{\alpha E}{c_p s} =$	0,30	0,44	0,46	0,53	0,60	0,57	0,69	0,34	0,72	0,63	0,72	0,66	1,14

Es gilt also nicht die von Amagat vermutete Beziehung, daß μ um so größer sei, je weicher das Material ist. Auch zum Schmelzpunkt besteht keine Beziehung. Dagegen erhält man ungefähr die gleiche Reihenfolge der Metalle, wenn man sie nach der Größe des Ausdrucks $\frac{\alpha E}{c_p s}$ ordnet (α linearer Ausdehnungskoeffizient, E Elastizitätsmodul, c_p spezifische Wärme, s Dichte). Ausnahmen sind Bi, Fe, Ni, Cu. Jener Ausdruck, welcher der Temperaturänderung eines Stabes bei adiabatischer Dehnung proportional ist, wächst von dem Werte 0,30 für Blei bis 1,14 für Iridium. Für dies nicht untersuchte Metall wäre hiernach ein kleines μ zu erwarten.

Das hier mitgeteilte Ergebnis steht durchaus nicht im Einklang mit den Messungen von W. Voigt, Cl. Schaefer u. A. Der Grund ist darin zu suchen, daß die genannten Beobachter die Zahl μ aus der Formel

$$\mu = \frac{E}{2T} - 1 \quad , \qquad 1)$$

[1]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes genannt.

[2]) Grüneisen.

berechnen müssen, wo T der von ihnen beobachtete Torsionsmodul ist. Nicht allein Beobachtungsfehler von E und T, sondern auch die durch Anisotropie oder Inhomogenität verursachten Variationen beider Größen haben, selbst wenn sie wenige Prozent betragen, bei dieser Berechnungsweise von μ einen großen Einfluß. Zum Beweise dessen sind für eine Reihe der oben genannten Stäbe die Torsionsmoduln aus Schwingungen abgeleitet und die Zahlen μ aus Formel 1) berechnet worden. Es ergeben sich z. T. gut übereinstimmende, z. T. aber auch ganz abweichende Zahlen, besonders bei den Stäben, für die sich Anisotropie bei den Querkontraktionsmessungen herausgestellt hatte. Einige extreme Werte sind 0,101 für Pd, 0,495 für An. *Die aus Elastizitäts- und Torsionsmodul berechnete Zahl μ kann also nicht als zuverlässig gelten.*

Die *kubische Kompressibilität* der Metalle ist, so wichtig ihre Kenntnis für die Theorie der festen Körper ist, noch selten bestimmt worden. Da für die obigen Metallstäbe E und μ beobachtet sind, so kann die Kompressibilität $\varkappa$ aus der Formel

$$\varkappa = \frac{3(1-2\mu)}{E} \qquad 2)$$

berechnet werden. Die so erhaltenen Zahlen sind in beistehender Tabelle mit denen von Amagat, Buchanan und Richards zusammengestellt. Die Zahlen von Richards sind vermutlich um 0,2 zu erhöhen. Denn sie hängen sämtlich von wenigen absoluten Messungen an Cu und Fe ab, bei denen gerade die aus der Querkontraktionsmessung hervorgegangenen Zahlen ziemlich sichergestellt sein dürften. Einen größeren Fehler läßt Formel 2) bei großem μ (Au, Pb) und bei den weichen Metallen (Sn, Cd, Pb, Bi) erwarten.

	$\varkappa \cdot 10^{12}$ [C.G.S.]			
	Amagat	Buchanan	Richards	Grüneisen
Al		1,7	1,30	1,36
Fe	0,69		0,40	0,62
Ni			0,27	0,57
Cu	0,88	0,88	0,54	0,75
Pd			0,38	0,57
Ag			0,84	0,92
Sn			1,7	1,9
Cd			1,9	2,4
Pt		0,56	0,21	0,40
Au		0,80	0,47	0,60
Pb	2,8		2,2	1,9
Bi			2,8	3,2

Der oben erwähnte Zusammenhang zwischen den Größen μ und $\frac{\alpha E}{c_p s}$ entspricht einem für viele Metalle gültigen Gesetz, wonach

$$\frac{\alpha E}{c_p s (1-2\mu)} = \frac{3\alpha}{\varkappa c_p s} = K$$

eine Konstante ist[1]), die bei 18° den Zahlenwert 2,3 besitzt. Führt man statt $\frac{3\alpha}{\varkappa}$ den Spannungskoeffizienten $\left[\text{d. h. } \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v\right]$ und statt $c_p s$ den Quotienten aus Atomwärme $A c_p$ und Atomvolumen A/s ein, so würden hiernach die Isochoren der Metalle das Gesetz befolgen: *Das Produkt aus Spannungskoeffizient und Atomvolumen ist gleich dem 2,3-fachen der Atomwärme*, also konstant, solange Dulong-Petits Gesetz gilt. Flüssiges Hg fügt sich mit $K = 2{,}4$ der Regel, Ausnahmen bilden Bi ($K = 1$), Fe ($K = 1{,}5$), Ni ($K = 1{,}7$) und vielleicht auch Cu

[1]) W. Dittenberger hielt bereits diese Beziehung für möglich. Er starb, bevor er die beabsichtigten Messungen in Angriff genommen hatte.

($K = 1{,}9$). Es ist zu bemerken, daß Siotto (*Acta Soc. Fenn.* **26.** *S. 22. 1899*) und Mie (*Ann. d. Physik* **11.** *S. 682. 1903*) unabhängig voneinander aus molekular-theoretischen Betrachtungen für einatomige feste Körper bei gewöhnlicher Temperatur Beziehungen von fast gleicher Form hergeleitet haben.

2. Dehnungsversuche an Metalldrähten[1]).

Die Untersuchung ist begonnen, um das elastische Verhalten weichgeglühter und hartgezogener Drähte zu vergleichen.

3. Kompressibilität von Metalldrähten[2]).

Es ist ein Apparat nach Buchanan konstruiert, um die Kompressibilität von Drähten direkt zu messen, womöglich bei verschiedenen Temperaturen.

4. Elastische Nachwirkung[3]).

Die im vorigen Tätigkeitsbericht beschriebenen Untersuchungen über elastische Nachwirkung an Drähten sind auf kreisrunde, ebene Platten ausgedehnt worden, deren Verhalten bei Aneroiden in Betracht kommt. Die Platten hatten 8 *cm* Durchmesser, 0,5 *mm* Dicke und lagen längs ihres Randes 0,5 *cm* breit auf. Die Deformation bestand in einer Durchbiegung, die durch hydrostatischen Druck mit Hülfe von Wasser und einer verstellbaren Quecksilbersäule erzielt und mikroskopisch gemessen wurde.

Auf der Platte standen konzentrisch zwei Dreifußtischchen. Die nach Aufhebung der Deformation verlaufende Bewegung der Tischchen relativ zueinander diente zur Berechnung der Nachwirkung und wurde mit Hülfe Newtonscher Interferenzstreifen beobachtet.

Diese Messungen lassen sich bequemer und genauer ausführen, als die Messungen an tordierten Drähten. Da die Deformation aperiodisch verschwindet, kann die Beobachtung der Nachwirkung schon 10 Sekunden nach Aufhebung der Beanspruchung beginnen und auch bei Material kleinster Nachwirkung deren Betrag auf 1% genau bestimmt werden. Die Konstanz der Werte der elastischen Nachwirkung bei verschiedenen am gleichen Individuum angestellten Versuchen war eine relativ große. Die Untersuchung darüber, wie sich verschiedene Individuen von Material gleicher Herkunft und Zusammensetzung in bezug auf Nachwirkung unterscheiden, ist noch nicht völlig abgeschlossen.

Die an Drähten beobachteten Tatsachen betreffs des Einflusses von thermischer Behandlung und Zusammensetzung bei Legierungen wurden qualitativ bei den Platten bestätigt gefunden.

5. Messung sehr kleiner Drucke[4]).

Zufolge eines aus der Technik geäußerten Wunsches sind Versuche zur exakten Messung sehr kleiner Drucke (in der Größenordnung zwischen 10^{-6} und 10^{-3} *mm*) eingeleitet worden. Die Drucke sollen aus der Durchbiegung einer metallischen Membran von etwa 25 *cm* Durchmesser mit Hülfe Fizeauscher Interferenzen ermittelt werden. Die Empfindlichkeit der Membran wird mittels eines Rayleighschen Quecksilbermanometers, das noch 0,001 *mm* mit Sicherheit zu messen gestattet, von der Null-Lage aus bei verschiedenen Drucken bestimmt.

6. Schallgeschwindigkeit in Gasen. Versuche[5]).

Die absolute Schallgeschwindigkeit in trockner, kohlensäurefreier Luft von 0° wurde nach der früher berichteten Methode des geschlossenen Resonators bestimmt. Zur Anwendung kamen die 12 tiefsten Töne eines zylindrischen Resonators von 5,6 *cm* Durchmesser und 1 *m* Länge, deren Wellenlängen also zwischen 200 und 16,7 *cm* lagen. Die Ergebnisse sind gut vereinbar mit der Forderung der Theorie, nach welcher die scheinbare Schallgeschwindigkeit in Röhren linear von der Quadratwurzel aus der Wellenlänge abhängt, dagegen ergab sich in Übereinstimmung mit anderweitigen Beobachtungen der Einfluß der Wellenlänge um etwa 40% größer, als er sich aus den bekannten Werten von Reibung und Wärmeleitung theoretisch berechnen läßt.

Eliminiert man den Einfluß der Wellenlänge aus den Versuchen selbst, so ergibt sich als Wert der Schallgeschwindigkeit, abgesehen von etwaigen konstanten Fehlern,

$$33192 \pm 5 \text{ cm in der Sekunde.}$$

Die Arbeit ist veröffentlicht worden.

---

[1]) Grüneisen, Heuse.
[2]) Grüneisen, Heuse.
[3]) Warburg, Heuse.
[4]) Scheel, Heuse.
[5]) Thiesen.

Eine ähnliche Versuchsreihe mit Kohlensäure ist noch nicht beendet. Versuche, die Einrichtungen hauptsächlich durch Messung der augenblicklichen Rotationsgeschwindigkeit der Sirene weiter zu verbessern, sind eingeleitet.

7. Schallgeschwindigkeit in Gasen. Theorie[1]).

Der Einfluß von Reibung und Wärmeleitung auf die Schallgeschwindigkeit in geschlossenen Räumen ist von Kirchhoff nur für den unbegrenzten Zylinder behandelt worden. Bei der Methode des geschlossenen Resonators ist es nicht erlaubt, den Zylinder als unbegrenzt anzusehen. Es gelang, unter Voraussetzungen, die der Praxis entsprechen, auch die Lösung für den begrenzten Zylinder zu finden; der Einfluß der Endflächen ergab sich dabei als ziemlich klein. Die Kirchhoffschen Grundgleichungen wurden unter allgemeineren Voraussetzungen, namentlich unter Fallenlassen der Voraussetzung eines ideellen Gases, abgeleitet. Außer dem Zylinder wurde auch die Kugel behandelt. Ein aufgefundenes Prinzip, nach welchem bei jeder Form des Resonators eine sehr einfache Beziehung zwischen der Breite der Resonanz und der von Reibung und Wärmeleitung herrührenden Verschiebung des Resonanzmaximums besteht, wird voraussichtlich bei verbesserten Einrichtungen praktische Anwendung finden können (Anh. Nr. 7)[2]).

Die veröffentlichten Theorien erklären nur zum Teil den durch viele Beobachter festgestellten Einfluß von Tonhöhe und Röhrenradius. Ein weiterer Ausbau der Theorie ist daher in Angriff genommen worden.

8. Vergleichung des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes mit dem Gasthermometer bis 1600°[3]).

Die Prüfung des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes ist zwischen 440° bis 1550° C. an einem elektrisch geheizten schwarzen Körper ausgeführt worden. Die Temperatur wurde mit einem an das Stickstoffthermometer angeschlossenen Thermoelement beobachtet. Soweit die Genauigkeit der vorliegenden Beobachtungen reicht, gilt das Gesetz für die Temperaturskale, die nach Beobachtungen mit dem Stickstoffthermometer aufgestellt wurde. Doch muß die Untersuchung der Gesamtstrahlung, die aus einem äußern Grunde unterbrochen wurde, noch fortgesetzt werden. Besonders sind auch noch die schwarzen Körper zu untersuchen, die von den Dämpfen siedender Flüssigkeiten geheizt werden. Außer Wasser wird der Schwefel zur Herstellung einer solchen konstanten Strahlungsquelle benutzt.

9. Glühlampenpyrometer mit spektraler Zerlegung[4]).

Bei dem Glühlampenpyrometer wurde bisher zur Erzeugung homogenen Lichts ein farbiges Glas benutzt. Da hierbei die Wellenlänge nicht scharf gegeben ist, so wurde für den Gebrauch im Laboratorium ein Instrument mit spektraler Zerlegung hergestellt. Es ist im ganzen sichtbaren Gebiet brauchbar; die Empfindlichkeit einer Einstellung beträgt etwa 2° bei 1200° C.

10. Vergleichung von Platinwiderständen mit dem Stickstoffthermometer[5]).

Als Vorarbeit für diese Aufgabe wurde ein Verfahren ausgearbeitet, das Volumen des schädlichen Raumes vom Gasthermometer nach dessen Zusammensetzung volumenometrisch genau zu bestimmen. Um die Messung möglichst empfindlich zu machen, muß hierbei das große Volumen des Gefäßes ausgeschaltet werden. Dieses erhält deshalb eine mit einem Hahn verschließbare Zuleitung, durch die es mit Quecksilber gefüllt werden kann. Nach der Messung des schädlichen Raumes, dessen Volumen auf diese Weise bis auf 1 oder 2 mm^3 genau erhalten wird, schmilzt man die Zuleitung vom Gefäß ab. Nebenbei läßt sich bei dieser Methode noch der Druckkoeffizient des Gefäßes messen.

Das offene Manometer des Instruments verlangte bisher für die Druckmessung die gleichzeitige Beobachtung des Barometers. Der offene Schenkel ist jetzt geschlossen und wird unter Vakuum gehalten, sodaß nur die Ablesung einer Quecksilbersäule nötig ist. Diese wurde außerdem noch mit einem Mantel aus vernickeltem Blech zum Schutze gegen Strahlung umgeben.

---

[1]) Thiesen.

[2]) Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß des Berichts.

[3]) Valentiner.

[4]) Henning.

[5]) Holborn, Valentiner.

11. Einfacher Apparat zur Bestimmung der Ausdehnung fester Körper in höherer Temperatur[1]).

Im Anschluß an frühere Untersuchungen über die Ausdehnung fester Körper in höherer Temperatur ist der Versuch gemacht worden, für diesen Zweck einen einfachen Apparat zu konstruieren. Der zu messende Stab A (Fig. 1) von etwa 16 *cm* Länge liegt in einem 50 *cm* langen horizontalen Rohr Q aus Quarzglas, dessen mittleres Stück in einer Länge von 33 *cm* durch eine 0,01 *mm* dicke Platinhülle elektrisch geheizt werden kann. Auf den beiden Enden der großen Röhre Q liegen die dünneren Röhren Q_1 und Q_2 aus Quarzglas, die durch federnde Stahlplatten P_1 und P_2 an den Probekörper A angepreßt werden. Zur Befestigung der Platten sitzen Klemmringe aus Stahl auf dem Rohr Q. Die Platte P_2 liegt ständig an der Endfläche des Rohres Q an, während die Platte P_1 gegen das Rohr Q_1 drückt, das etwas

Fig. 1.

über Q hinausragt. Um die Ausdehnung des Systems dünner Röhren gegen das große Rohr messen zu können, sind beide auf dem einen Ende zur Hälfte abgeschliffen und mit Teilungen versehen, deren Verschiebung gegen einander mit dem Fadenmikrometer eines Mikroskops beobachtet wird.

Durch die Anordnung wird erreicht, daß sich der Probekörper, der etwa halb so lang wie die Heizspule gewählt wird, in einer Zone gleichmäßiger Temperatur befindet und daß ferner die Ausdehnung des Probekörpers durch die ungleichmäßig geheizten Enden der Spule hindurch von Quarzröhren übertragen wird, die dieselbe Ausdehnung haben, wie das umschließende Rohr, das bei der Messung als Basis dient. Die Korrektion, die an dem Resultat anzubringen ist, um die absolute Ausdehnung des Probekörpers zu erhalten, ist nur klein und von früheren Bestimmungen her bekannt.

Die Temperatur wird mit einem Thermoelement gemessen, dessen Lötstelle ständig bei L liegen bleibt, nachdem man zuerst durch ihre Verschiebung die Temperaturverteilung im ganzen Rohr bestimmt hat. Das Porzellanrohr M umgibt als Schutz die Heizspule. Diese verzehrt bei einer Erwärmung auf 500° etwa 140 Watt.

12. Arbeiten mit dem Fizeauschen Dilatometer[2]).

Mit dem im vorjährigen Bericht skizzierten Apparat wurden noch einige weitere Materialien auf ihre Ausdehnung in tiefer Temperatur untersucht, worüber die folgende Zusammenstellung Auskunft gibt.

Ausdehnung zwischen $-191°$ und $+16°$ in μ pro m.

	Scheel	Henning
Platin	1660	(1660)
Platiniridium (10 %)	1616	—
„ (20 %)	—	1564
Palladium	2120	2128
Nickelstahl (Krupp)	592	—
„ (Imphy)	405	—
Jenaer Glas 16^{III}	1246	—
„ „ 59^{III}	912	888
Berliner Porzellan	370	378
Quarzglas	— 41	— 42

Zur Vergleichung sind die von Henning gefundenen Relativwerte nach Umrechnung auf absolute Ausdehnung auf Grund der Bestimmung seines Platinstabes durch Scheel und Heuse (vgl. weiter unten) zugefügt. Die Übereinstimmung ist eine befriedigende, insbesondere

[1]) Holborn, Valentiner.
[2]) Scheel.

geben jetzt auch die Werte für Quarzglas zusammen, welches für beide Untersuchungen aus derselben Quelle stammte. Die Werte für Platin und die beiden Platiniridium-Legierungen folgen der Mischungsregel. Der Ausdehnungskoeffizient der in Frankreich hergestellten Nickelstahl-Legierung (im Mittel zwischen $-191°$ und $+16°$: $1{,}96 \cdot 10^{-6}$) ist wesentlich kleiner als der der Kruppschen Legierung ($2{,}86 \cdot 10^{-6}$); in jedem Falle ist der mittlere Ausdehnungskoeffizient zwischen $-191°$ und $+16°$ größer als der bei etwa 16° (nach einer Bestimmung an beiden Proben im *Bureau international des Poids et Mesures* 1,79 bezw. $2{,}13 \cdot 10^{-6}$). Die Ausdehnungskurve ist also umgekehrt gekrümmt, als es sonst bei Metallen der Fall ist. Größere Unterschiede, die sich aber aus der Vorgeschichte der benutzten Materialien leicht erklären lassen, zeigen nur die beiden Bestimmungen an Jenaer Glas 59^{III}.

Im vorigen Tätigkeitsbericht wurde mitgeteilt, daß ein zweites Exemplar eines Ringes aus Quarz, ebenfalls senkrecht zur Achse geschliffen, aber von anderen Abmessungen, zwischen $-190°$ und $+16°$ eine um etwa 4 Promille kleinere Ausdehnung als der Ring der Reichsanstalt ergeben hatte. Der Ring ist nunmehr auch im Intervall von 16° bis 100° untersucht; er zeigt hier eine Ausdehnung von 660 μ pro m gegenüber 680 μ pro m beim Ringe der Reichsanstalt, entsprechend einer Verkleinerung des mittleren Ausdehnungskoeffizientes um fast 3 Prozent.

Für Versuche mit dem Fizeauschen Apparat in höheren Temperaturen ist von der Firma Carl Zeiß in Jena ein Dilatometersystem aus Quarzglas bezogen worden. Die Ausdehnung des Quarzglasringes ist inzwischen durch Beobachtung bei den Temperaturen $-190°$, $-78°$, $+16°$, $+100°$ bestimmt worden (Anh. Nr. 9).

Die Verschiebung der Interferenzstreifen wurde bei der Abkühlung bezw. der Erwärmung des Systems durch direkte Beobachtung verfolgt und aus einer Umkehr der Streifenwanderung gefunden, daß die Ausdehnungskurve des Quarzglasringes ein Minimum, die Dichtigkeit dieses Materials also ein Maximum besitzt, dessen Lage sich aus der die Beobachtungen darstellenden Interpolationsformel

$$l_t = l_0 (1 + 0{,}388 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}001\,682 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 0{,}000\,005\,04 \cdot 10^{-6} \cdot t^3)$$

als bei $-84°$ liegend berechnet. Ein Stab aus Quarzglas, dessen Länge bei 0° gleich 1 m wäre, würde bei dieser Temperatur noch um 18 μ verkürzt erscheinen. Dieser Zeißsche Quarzglasring zeigt also dasselbe anormale Verhalten wie das Quarzglaszylinderchen von Heraeus (vgl. oben und den vorjährigen Bericht). Nur war bei dem Zylinderchen von Heraeus die Lage des Minimums bei $-46°$, die Größe des Minimums zu $-10\,\mu$ berechnet. Auch die Ausdehnung zwischen $-190°$ und $+16°$ ist etwas verschieden (Zylinderchen von Heraeus $-41\,\mu$, Ring von Zeiß $-15\,\mu$ pro 1 m). Für die Ausdehnung zwischen 0° und 100° ergeben sich folgende Vergleichswerte:

Beobachter	Material	Ausdehnung in μ pro m
Chappuis	Selbstgefertigter Zylinder	 50
Scheel	Zylinder Nr. 1 von W. C. Heraeus in Hanau .	47 } Mittel: 47
„	„ „ 2 „ „ „ „ „ „ „ .	46 }
„	Ring aus Quarzglas von C. Zeiß in Jena . .	 50

Die Übereinstimmung der drei Werte ist namentlich bei Berücksichtigung der verschiedenen Herkunft des Materials eine gute. Das ist um so auffallender, als doch in tiefer Temperatur, wie oben gezeigt, Unterschiede der Ausdehnung beobachtet wurden.

13. Brechungsexponent des Heliums[1]).

Über das Lichtbrechungsvermögen des Heliums liegen relative Bestimmungen zu Luft von Lord Rayleigh einerseits und Ramsay und Travers andererseits vor:

Lord Raylsigh . . . . . $n = 1{,}0000428$
Ramsay und Travers . . . . . $n = 1{,}0000362$

[1]) Scheel, Schmidt.

Beide Werte weichen erheblich voneinander ab, was wohl auf stärkere Verunreinigungen des von Lord Rayleigh benutzten Gases zurückzuführen ist, da seine Messungen in eine Zeit fallen, in welcher die Eigenschaften des Heliums erst wenig bekannt waren. Da in der Reichsanstalt zu anderen Zwecken eine größere Menge Helium dargestellt war und die Apparatur zur Bestimmung des Brechungsexponenten von Gasen mit Hülfe des Fizeauschen Dilatometers (vgl. den vorjährigen Tätigkeitsbericht) noch zur Verfügung stand, so schien eine Neubestimmung des Brechungsexponenten von Helium erwünscht. Das benutzte Gas war von großer Reinheit; eine sorgfältige spektralanalytische Beobachtung vor und nach den Versuchen ließ keinerlei Verunreinigungen erkennen.

Die Untersuchung, welche abgeschlossen ist, ergab einen noch kleineren Wert als denjenigen von Ramsay und Travers, nämlich

$$n = 1{,}0000340$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler von 2 Einheiten der letzten angegebenen Ziffer. Die Beobachtungen des Brechungsexponenten des Heliums erstreckten sich über das ganze sichtbare Spektrum, doch ist die Dispersion sehr klein, jedenfalls so klein, daß sie innerhalb des oben angegebenen wahrscheinlichen Fehlers bleibt.

14. Ausdehnung des Platins in tiefer Temperatur[1]).

Die mit dem Fizeauschen Apparat gefundene Ausdehnung des Platins in tiefer Temperatur ist nicht in Übereinstimmung mit Messungen von Kamerlingh Onnes und Clay am Kathetometer. Um die Differenz aufzuklären, wurden korrespondierende Beobachtungen auf dem Transversalkomparator der Abt. II an einem Platinstabe von $^1/_2$ *m* Länge sowie an einem aus dem Stabe herausgeschnittenen Zylinderchen im Fizeauschen Apparat angestellt (Anh. Nr. 8). Die Anordnung war bei den Komparatormessungen so getroffen, daß der Platinstab ebenso wie bei den Messungen im Fizeauschen Apparat ganz in das Abkühlungsbad, flüssigen Sauerstoff bezw. eine Mischung aus hochprozentigem Alkohol und fester Kohlensäure, untertauchte. Die folgende Tabelle enthält die gewonnenen Resultate, die mit den auf gleiche Intervalle bezogenen Messungsergebnissen von Kamerlingh Onnes und Clay und den früheren Messungen mit dem Fizeauschen Apparat zusammengeschrieben sind.

Ausdehnung des Platins in μ pro *m*.

Beobachter	Methode	zwischen $-183°$ u. $+16°$	zwischen $-78°$ u. $+15°$
Kamerlingh Onnes und Clay	Kathetometer	1637	822
Schaal	Fizeauscher Apparat	1594	—
Scheel und Heuse	Komparator	1610	809
	Fizeauscher Apparat	1603	—

Auf Grund dieser Zusammenstellung ergibt sich zunächst aus den gleichzeitigen Messungen am Komparator und am Fizeauschen Apparat eine genügende Übereinstimmung beider Methoden; die Differenz der Ausdehnung zwischen $-183°$ und $+16°$ im Betrage von 7 μ pro Meter liegt bereits nahe den Fehlergrenzen beider Messungen. Weniger gut ist die Übereinstimmung zwischen den beiden nach der Fizeauschen Methode, aber an verschiedenen Platinproben gewonnenen Zahlen 1594 und 1603, die, da ihre Differenz die Fehlergrenze erheblich übersteigt, eine Verschiedenartigkeit des Materials als möglich erscheinen lassen. Ganz außerhalb liegt indessen der Wert 1637 von Kamerlingh Onnes und Clay. Ob diese Unterschiede durch die Verschiedenartigkeit des Materials erklärt werden können, soll noch untersucht werden.

15. Kalorimeter[2]).

Die Arbeiten für das im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnte neue Kalorimeter beschränkten sich bis jetzt auf vorbereitende Messungen. Die Eichung der Nickelthermometer und der neuen Heraeusschen Platinthermometer sowie der Quecksilber-Widerstandsthermometer wurden z. T. durchgeführt, und es wurden besonders mit dem großen Heraeusschen,

[1]) Scheel, Heuse.

[2]) Jaeger, v. Steinwehr.

in Quarzglas eingeschmolzenen Platinthermometer[1]) verschiedene Temperaturgänge gemessen, um die Abkühlungskonstante des Kalorimeters zu bestimmen und um die Brauchbarkeit des Thermometers zur genauen Messung sehr kleiner Temperaturgänge zu prüfen. Es scheint, daß auch die Nickelthermometer[1]) für den vorliegenden Zweck sich gut bewähren; die Meßgenauigkeit mit dem großen Platinthermometer ist vorläufig nur noch beschränkt durch gewisse Eigentümlichkeiten des Kugelpanzergalvanometers als Differentialinstrument, worüber, wie über die sonstigen Ergebnisse dieser Messungen, nach Abschluß derselben im Zusammenhang berichtet werden soll.

Die Arbeiten mußten bis auf weiteres anderer, dringlicherer Arbeiten wegen wieder abgebrochen werden.

16. Spezifische Wärme von Gasen[2]).

Die Untersuchung der spezifischen Wärme von Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bei Atmosphärendruck konnte bis 1400° durchgeführt werden. Die Arbeit ist veröffentlicht (Anh. Nr. 11). Aus den neuen Versuchen sowie aus den früher unter 800° angestellten ergaben sich für die Abhängigkeit der mittleren spezifischen Wärme c von der Temperatur θ die Beziehungen

Stickstoff	$c_{0,\theta}$	$= 0{,}2350 + 0{,}000019\,\theta$
Kohlensäure	$c_{0,\theta}$	$= 0{,}2010 + 0{,}0000742\,\theta - 0{,}000000018\,\theta^2$
Wasserdampf	$c_{100,\theta}$	$= 0{,}4669 - 0{,}0000168\,\theta + 0{,}000000044\,\theta^2$

17. Bestimmung des Sättigungsdrucks des Wasserdampfes oberhalb 100°[3]).

Der Sättigungsdruck des Wasserdampfes oberhalb 100° wird nach der dynamischen Methode mit dem Apparat untersucht, der für die Beobachtung der Verdampfungswärme des Wassers in demselben Temperaturgebiet dienen soll. Für die zweite Aufgabe ist dieselbe Methode zu benutzen wie früher unterhalb 100°. Deshalb ist der frühere Apparat auch nur soweit abgeändert, wie es der höhere Druck verlangt.

Als Siedegefäß dient ein Rotgußzylinder A von 5 l Inhalt und 1 cm Wandstärke (Fig. 2). Der Dampf entweicht durch die Röhre R und gelangt je nach der Stellung des Dreiweghahns H in das Kondensationsgefäß K_1 oder K_2, aus denen das Kondensat durch die Hähne H_1 oder H_2 abgelassen werden kann. Die beiden Gefäße K_1 oder K_2 stehen unter einander und durch die Röhre D mit einer künstlichen Atmosphäre von 30 l in Verbindung, die mittels komprimierter Luft einer käuflichen Bombe auf den gewünschten Druck gebracht werden kann. Zur Aufrechterhaltung einer konstanten Temperatur ist der Zylinder A mit einem ringförmigen Mantel umgeben, der mit Maschinenöl gefüllt ist. Die Heizspule S, welche die Verdampfung bewirkt, ist auf einen Porzellanzylinder gewickelt, der in einen Rotgußzylinder eingeschlossen ist. Die Zuführungen für den Strom verlaufen isoliert in dem Rohr R_1, während die Rohre R_2 und R_3 Thermometer enthalten.

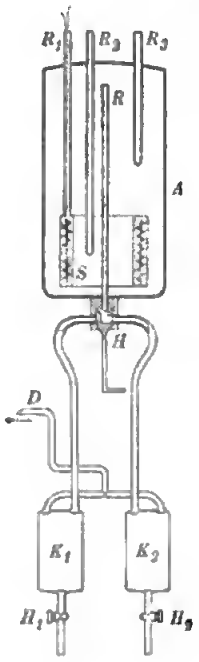


Fig. 2.

Bei der Beobachtung des Sättigungsdrucks wird der Ölmantel nicht benutzt. Das Siedegefäß A wird hierfür elektrisch mit einer Spule geheizt, die aus einigen Windungen Konstantanband besteht, welche auf den mit Asbestpappe umgebenen Zylinder A gewickelt wurde. Eine Heizung mit Gas empfahl sich nicht, weil einerseits der Dreiweghahn H zu schonen und andererseits eine Überhitzung des Dampfes in dem dickwandigen Zylinder zu verhindern war.

Die Temperatur des Dampfes wird mit einem Platinwiderstand gemessen, der sich in dem Rohr R_3 befindet. Ein zweites Platinthermometer im Rohr R_2 ragt bis in das siedende Wasser und dient hauptsächlich zur Kontrolle beim Anheizen.

---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 116. 1907.*

[2]) Holborn, Henning.

[3]) Holborn, Henning.

Der Druck wird mit dem neuen 12 *m* langen Quecksilbermanometer gemessen, das von dem Untergeschoß durch drei Stockwerke des Observatoriums bis unter das Dach reicht. Der offene Schenkel besteht aus einem Stahlrohr von 7 *mm* Weite, das in Zwischenräumen von 2 *m* durch Anstiche unterbrochen wird, an denen das Quecksilber in 2 *m* lange Glasröhren gelassen werden kann. Diesen entlang laufen in Millimeter geteilte Maßstäbe aus Spiegelglas, an denen sich der Stand der Kuppe bis auf 0,1 *mm* beobachten läßt. Der zweite Schenkel besteht aus einem kurzen Glasrohr, auf dessen ringförmige Strichmarke die Kuppe durch die Feinregulierung einer Schraube mit derselben Genauigkeit gebracht wird. Die grobe Regulierung geschieht durch eine Druckpumpe, die unmittelbar auf das Quecksilber wirkt, sodaß eine Verunreinigung der Leitungen durch Wasser vermieden wird.

Die Temperatur der Quecksilbersäule wird, soweit sie sich im Stahlrohr befindet, durch den Widerstand eines isolierten Nickeldrahts von 0,5 *mm* Dicke bestimmt, der unmittelbar an das Stahlrohr gebunden ist. In Zwischenräumen von 2 *m*, entsprechend den Anstichhähnen, führen Spannungsdrähte vom Nickeldraht zum Meßzimmer, sodaß man hier durch Versetzung eines Stöpsels $^1/_5$ bis $^5/_5$ der Drahtlänge beobachten kann. Vor der Montierung sind die Widerstände der einzelnen Abschnitte im Wasserbade bei drei Temperaturen gemessen. Da das Stahlrohr von einem durch ein weiteres Metallrohr abgeschlossenen Luftmantel umgeben ist, ändert sich die Temperatur der Quecksilbersäule bei passender Regulierung der Zimmerheizung nur wenig während eines Beobachtungssatzes.

Nach der Justierung des Manometers ist mit der Beobachtung des Sättigungsdrucks von Wasserdampf zwischen 100° und 203° (1 bis 17 Atm.) begonnen worden. Es wurde bis jetzt eine Beobachtungsreihe in Sätzen von 10° zu 10° ausgeführt. Der Unterschied der einzelnen Messungen eines Satzes, der bei wenig veränderlicher Siedetemperatur eine Stunde und länger währte, überschreitet nach der Reduktion auf denselben Druck nicht 0,01°. Auch scheinen die Abweichungen der verschiedenen Beobachtungssätze von der passend abgeänderten Thiesenschen Formel nicht größer zu sein. Das Platinthermometer, das mit einem thermokraftfreien Kompensationsapparat[1]) gemessen wird, hält sich ebenfalls innerhalb dieser Grenze konstant, wie die häufige Kontrolle des Eis- und Siedepunkts zeigt. Es ist noch die Vergleichung des Platinthermometers mit dem Luftthermometer auszuführen.

Die an den Glasmaßstäben des Manometers gemessenen Höhen der Quecksilbersäulen sind noch mit einem 12 *m* langen Stahlhandmaß kontrolliert worden, von dem sowohl die ganze Länge, wie die einzelnen in halbe Meter geteilten Abschnitte auf 0,1 *mm* geeicht waren. Innerhalb dieser Genauigkeit wurde die Teilung und Justierung der Glasmaßstäbe als richtig befunden.

18. Versuche über das Setzen von Mauerwerk[2]).

Die Beobachtungen wurden in ein- bis zweimonatlichen Intervallen regelmäßig fortgeführt. Die jährlichen Änderungen der verschiedenen Pfeiler sind unter Fortlassung der ersten drei Monate nach Fertigstellung der Pfeiler zum Schlusse des Jahres 1904 (Vorperiode) in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Dabei ist zu bemerken, daß die Pfeiler mit einem Bindemittel von 80 bezw. 40 Teilen Kalkmörtel auf 1 Teil Zement um mehr als 1 Jahr jünger sind als die übrigen. Demzufolge liegen Beobachtungen an diesen Pfeilern über das ganze Jahr 1905 nicht vor, auch die Zahlen i. J. 1906 sind wegen der kürzeren Vorperiode (etwa 2 Monate zu Ende des Jahres 1905) mit den Zahlen für die übrigen Pfeiler i. J. 1905 nicht ohne weiteres vergleichbar und deshalb in der Tabelle eingeklammert.

Die Pfeiler sind somit auch jetzt noch nicht zur Ruhe gekommen, vielmehr betrug die Zunahme der Höhe im Jahre 1907 nahezu ebensoviel wie im Jahre 1906. Bemerkenswert ist, daß diese Höhenzunahme zum größten Teile etwa im Mai auftritt, also zu einer Zeit, in welcher eben die Heizung des Observatoriums unterbrochen ist. Zu Beginn der neuen Heizperiode im Herbste des Jahres scheint sich dann ein kleiner Teil der Höhenzunahme der einzelnen Pfeiler wieder zurückzubilden. Dieses Verhalten dürfte wohl mit den veränderten Feuchtigkeitsbedingungen zusammenhängen. Im übrigen bestätigt die Tabelle das,

[1]) H. Diesselhorst, *diese Zeitschr. 28. S. 1. 1908.*

[2]) Scheel.

was schon im vorigen Bericht gesagt ist, daß Zement in den verschiedenen Kompositionen ein sehr unruhiger Bestandteil ist, dessen Einfluß nur durch starke Verdünnungen mit Kalkmörtel auf ein erträgliches Maß herabgedrückt werden kann. Um möglichst klare Verhältnisse zu schaffen, insbesondere um zu sehen, ob bezw. welche Pfeiler in absehbarer Zeit überhaupt zur Ruhe kommen, wird sich empfehlen, die Versuche fortzuführen und die Beobachtungsintervalle auf etwa $^1/_4$ Jahr festzusetzen.

Höhenänderung der Pfeiler in μ pro 1 m

Bindematerial	1905	1906	1907
Weißkalk	+ 29	+ 25	+ 21
1 Teil Weißkalk, 3 Teile Sand (Kalkmörtel)	+ 49	+ 31	+ 22
80 Teile Kalkmörtel, 1 Teil Zement	—	(— 14)	+ 29
40 „ „ 1 „ „	—	(— 49)	+ 28
20 „ „ 1 „ „	+ 18	+ 36	+ 18
10 „ „ 1 „ „	— 35	+ 28	+ 19
Zement	— 104	+ 75	+ 80
1 Teil Zement, 1 Teil Sand	— 50	+ 18	+ 17
Gips	+ 33	+ 24	+ 21

II. Elektrizität.

1. Normalwiderstände[1]).

Die jährliche Vergleichung der vier Manganinwiderstände 148a, 149a, 150a und 151 sowie der Anschluß der 1 Ohm-Normale von Abt. II ist mit demselben Ergebnis wie früher im Mai 1907 ausgeführt worden. Die relativen Änderungen der Einzelwiderstände hielten sich in den geringen Größen wie bisher, sodaß auch der Mittelwert innerhalb dieser Grenzen als konstant angesehen werden kann. Die von Rosa und Babcok beobachtete Änderung der Widerstände durch Feuchtigkeit (vgl. den Bericht der Abt. II über diesen Punkt und Anh. Nr. 37) war bei diesen Widerständen bisher nicht oder höchstens in sehr geringem Grade bemerkbar.

2. Normalelemente[2]).

Die Messungen an den Normalelementen und mit dem Silbervoltameter sind wie früher in Gemeinschaft mit dem Schwachstromlaboratorium der Abt. II ausgeführt worden. Nachdem die Versuche über das Merkurosulfat in der Reichsanstalt, durch die als wesentliche Ursache der vorkommenden Unterschiede in der elektromotorischen Kraft die Korngröße festgestellt worden ist (vgl. auch den vorigen Tätigkeitsbericht), als abgeschlossen gelten konnten, wurden wiederholt Elemente mit verschiedenen Sorten von Merkurosulfat hergestellt und in längeren Zeiträumen mit dem bisherigen Stamm der alten Elemente verglichen, wobei gleichzeitig noch einige andere Fragen, z. B. die Veränderlichkeit der Elemente im Anfang, die Herstellung transportfähiger Elemente u. s. w., berücksichtigt wurden. Ein abschließendes Urteil über das Verhalten und die elektromotorische Kraft dieser Elemente sowie über den Unterschied derselben gegen diejenige der alten Elemente kann erst nach Ablauf längerer Zeit gewonnen werden. Es hat den Anschein, als ob diese neu hergestellten Elemente mit Merkurosulfat normaler Korngröße in erfreulicher Weise mit den vom *Bureau of Standards* in Washington und vom *National Physical Laboratory* in Teddington als normal bezeichneten Elementen übereinstimmen. (Näheres über diese Vergleichung siehe im Bericht der Abt. II.) Ein endgültiger Schluß darf aber aus dieser bis jetzt konstatierten Übereinstimmung noch nicht gezogen werden, da alle in Betracht kommenden Elemente, auch die ausländischen, erst etwa ein, höchstens zwei Jahr alt sind.

An dem vorwiegenden Einfluß der Korngröße des Merkurosulfats auf die elektromotorische Kraft desselben ist kaum mehr zu zweifeln, da vor der Erkenntnis dieses Umstandes die Abweichungen der verschiedenen Elemente ganz erheblich viel größer waren. Dieser Einfluß ist zwar von anderer Seite in Frage gezogen worden, ohne jedoch mit

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

[2]) Jaeger, Lindeck, v. Steinwehr.

Gründen widerlegt worden zu sein und ohne Angabe eines anderen Grundes für die frühere Abweichung der verschiedenen Präparate und die jetzt erreichte Übereinstimmung derselben. Die noch in Gang befindlichen Untersuchungen erstrecken sich auf die Ergründung der Ursache für die anfängliche Veränderung der Elemente nach dem Zusammensetzen.

3. Silbervoltameter[1]. Die im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten Schwierigkeiten bei der Wägung sind nur auf die Temperaturschwankungen des bisher benutzten Raumes zurückzuführen. Es hat sich herausgestellt, daß die Temperatur der Luft im Innern des Tiegels bei stärkeren Temperaturgängen erheblich von der äußeren Temperatur abweichen kann, selbst wenn man die Tiegel vor der Wägung sehr lange in der Wage stehen läßt.

Seitdem nach Erkenntnis dieser Fehlerquelle die von der Normal-Eichungs-Kommission geliehene Stückrathsche Wage in einem Raume für konstante Temperatur in Abt. I im Anfang des Berichtsjahres aufgestellt worden ist, sind diese Schwierigkeiten bei der Wägung beseitigt, und es konnte mit den eigentlichen Messungen Anfang September begonnen werden.

Die erste Messungsserie wurde nach der früher in der Reichsanstalt benutzten Methode ausgeführt, um auch die Normalelemente wieder an das Silbervoltameter anzuschließen. Es zeigte sich, daß der vor 10 Jahren bestimmte und dann durch relative Vergleichung fortgeführte Wert der Kadmium-Elemente innerhalb der bei der Messung möglichen Beobachtungsfehler mit dem nunmehr neu gemessenen Wert übereinstimmt.

Die weiteren Versuche erstrecken sich zunächst auf die Messung nach dem Verfahren von Richards mit Tonzelle zur Abhaltung der Anodenflüssigkeit. Die silbervoltametrischen Messungen sind zurzeit noch im Gang, über nähere Einzelheiten kann erst nach Abschluß derselben im Zusammenhang berichtet werden.

4. Galvanometer[2]. Die Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin hat nach Angabe der Reichsanstalt ihr Drehspulengalvanometer mittleren Typs (1000 Ohm)[3]) so abgeändert, daß man bei Messungen mit kleinem Widerstand von 10 bis 12 Ohm (z. B. bei Thermoelementen, bei Messungen mit einem Kompensationsapparat von kleinem Widerstand u. s. w.) eine größere Empfindlichkeit erhält, als mit dem bisher von der Firma in den Handel gebrachten Instrument von kleinem Widerstand (Nr. 1 *a. a. O.*). Da bei dem Typ Nr. 2 die Direktionskraft nur etwa $^1/_4$ derjenigen bei Typ Nr. 1 ist, so war zu erwarten, daß das neue Instrument annähernd die doppelte Empfindlichkeit des alten von kleinem Widerstand besitzen würde. Es war dazu aber auch notwendig, den Widerstand der Zuleitungen, der bei dem mittleren Typ etwa 50 Ohm beträgt, herabzusetzen.

Der größte Teil dieses Widerstandes rührt von der unteren Zuleitungsspirale her, die wie der obere Aufhängungsdraht bisher aus Bronze hergestellt wurde. Durch Anwendung einer Spirale aus Silber konnte der gesamte Zuleitungswiderstand auf 9 Ohm herabgedrückt werden, sodaß der Gesamt-Klemmenwiderstand nur wenig über 9 Ohm beträgt, obwohl das Drehmoment noch kleiner ist, als bei dem Instrument Nr. 2. Da das Drehmoment der Spirale nur etwa 10% des ganzen Moments ausmacht, konnte dies unbeschadet der Nachwirkungsfreiheit geschehen.

Das neue Instrument hat bei 3 *m* Skalenabstand und etwa 5 Sek. Schwingungsdauer eine Spannungsempfindlichkeit von etwa $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ Volt für 1 *mm* Ausschlag. Es ist bei etwa 20 Ohm Gesamtwiderstand aperiodisch gedämpft und scheint sich gut zu bewähren. Es wird zurzeit zu Messungen an Platinwiderständen in Verbindung mit einem Kompensationsapparat von kleinem Widerstand benutzt.

5. Vakuumbolometer[4]. Montiert man einen Bolometerstreifen anstatt, wie gewöhnlich, in Luft, in einem evakuierten Gefäß, so erzielt man den doppelten Vorteil ruhigerer Einstellung und gesteigerter Strahlungsempfindlichkeit; jener wird bereits durch ein mäßiges, dieser erst durch ein hohes Vakuum erreicht. Die Vorteile werden, was bisher übersehen ist, um so größer, je schmäler

[1]) Jaeger, Lindeck, v. Steinwehr.
[2]) Jaeger.
[3]) Siehe Nr. 2 in d. Tabelle *Ann. d. Physik* **21**. *S.* 77. *1906.*
[4]) Warburg, Leithäuser, Johannsen.

der Bolometerstreifen gewählt wird, denn um so größer ist der Wärmeverlust durch Luftleitung im Vergleich zum Wärmeverlust durch Strahlung. Das Vakuumbolometer verhält sich in verschiedener Beziehung anders als das Luftbolometer. U. a. erreicht bei gesteigerter Strombelastung die Strahlungsempfindlichkeit bald ein Maximum, nach dessen Überschreiten sie sinkt. Der Grund liegt besonders darin, daß der Strahlungsverlust der 3. Potenz der absoluten Temperatur proportional ist. Die maximale Empfindlichkeit verhält sich wie die Quadratwurzel aus der Streifenbreite.

Ein Linearbolometer von 0,2 *mm* Breite ist im Vakuum 10-mal so empfindlich als in der Luft, wenn die Strombelastung klein gemacht, 5-mal so empfindlich, wenn in beiden Fällen die Strombelastung auf den höchsten zulässigen Wert gesteigert wird. Dies ist von praktischer Bedeutung da, wo man mit mäßiger Galvanometerempfindlichkeit arbeiten muß. Das Gefäß des Vakuumbolometers ist mit einem Steinsalzfenster versehen und wird mittels Kokosnußkohle von — 185° evakuiert.

Die Untersuchung ist veröffentlicht (Anh. Nr. 15).

6. Analyse der Stickoxyde durch ihre Absorptionsspektra im Ultrarot[1]).

Die Analyse der Stickoxyde durch chemische Methoden stößt in Gegenwart von Ozon auf Schwierigkeiten. So haben sowohl O_2 wie NO_2 die Eigenschaft, Jod aus Jodkalium freizumachen. Auch ist N_2O in schwacher Konzentration schwer nachzuweisen.

Die Aufnahme der Absorptionsspektra von N_2O_5, N_2O, NO_2 und NO zwischen $\lambda = 2{,}7$ und 7 μ — wobei das eben erwähnte Vakuum-Linearbolometer benutzt wurde — hat nun ergeben, daß nicht nur, wie früher gefunden, N_2O_5 sondern auch NO_2 und N_2O in diesem Gebiet einen sehr intensiven Absorptionsstreifen besitzen, welcher zur qualitativen und quantitativen Bestimmung kleiner Partialdrucke dieser Gase dienen kann. Die intensiven Streifen liegen für N_2O_5, NO_2, N_2O bezw. bei $\lambda = 5{,}81$, 6,11 und 4,45 μ; eine Absorption von 36 % wurde in einem 30 *cm* langen Rohr bewirkt durch Partialdrucke von 0,24 *mm* an N_2O_5 bei 5,81 μ, von 0,51 *mm* an NO_2 bei 6,11 μ, von 0,64 *mm* an N_2O bei 4,45 μ.

Die Methode wurde angewandt auf die Untersuchung der Stickstoffoxydation in atmosphärischer Luft durch elektrische Entladungen. Es zeigte sich, daß die stille Entladung unter normalen Verhältnissen außer O_3 nicht nur N_2O_5, sondern auch N_2O bildet; bei 30 bis 50 *g* Ozon im Kubikmeter kamen etwa 0,02 Mol N_2O_5 und 0,024 Mol N_2O auf 1 Mol Ozon. N_2O entsteht auch bei der ozonlosen Entladung neben NO_2, was jedenfalls z. T. darauf zurückzuführen ist, daß bei der Wirkung der stillen Entladung auf NO_2 in Gegenwart von O_2-freiem Stickstoff N_2O auftritt. Bei der Wirkung des Lichthofens auf atmosphärische Luft wurde als einziges Produkt NO_2 gefunden.

Noch sei bemerkt, daß das als NO_2 bezeichnete Gas in Wahrheit ein Gemisch von NO_2 und N_2O_4 ist, und daß von drei beobachteten Streifen der eine bei $\lambda = 5{,}70$ μ dem N_2O_4 angehört.

Die Untersuchung ist veröffentlicht.

7. Ozonisierung durch stille Entladung[2]).

Die Versuche über die Ozonbildung bei der stillen Entladung aus metallischen Elektroden sind auch für die stille Entladung in der Siemensschen Röhre durchgeführt worden und sollen noch auf die technischen Ozonapparate ausgedehnt werden.

8. Methode zur Erzeugung spiegelnder Metallschichten von hohem Reflexionsvermögen mittels Kathodenzerstäubung[3]).

Die Untersuchung der Kathodenzerstäubung von Legierungen erfordert eine Methode, welche gestattet, das zerstäubende Metall in kurzer Zeit in genügender Menge und chemisch unbeeinflußt niederzuschlagen. Um die Frage, wie verschiedene Legierungen zerstäuben, beantworten zu können, wurde die folgende Methode gebraucht, die natürlich auch auf jedes einfache Metall anwendbar ist und spiegelnde Schichten von hohem Reflexionsvermögen liefert.

Zwei Bedingungen sind bei der Herstellung kathodenzerstäubter Schichten innezuhalten. Die erste ist, chemisch indifferente, trockene Gasfüllung im Zerstäubungsapparat; die zweite, Verwendung von Gleichstrom zum Zerstäuben. Die Gasfüllung ist nicht mit der Quecksilber-

[1]) Warburg, Leithäuser.
[2]) Warburg, Leithäuser.
[3]) Leithäuser.

pumpe zu verdünnen, da der Hg-Dampf die Zerstäubung sehr ungünstig beeinflußt, sondern die Evakuierung muß nach dem Dowarschen Verfahren mit gekühlter Kokosnußkohle vorgenommen werden. Man erreicht dadurch gleichzeitig vollkommene Beseitigung des Wasserdampfes. Als Gase wurden verwandt: Wasserstoff, Stickstoff, Argon. Der Wasserstoff wird von der gekühlten Holzkohle immer noch hinreichend stark absorbiert, um im Apparat ein Vakuum von erforderlicher Höhe entstehen zu lassen. Enthält er etwas Sauerstoff, so setzt die Zerstäubung der Kathode nicht in dem Maße ein, als wenn er rein ist, da sich unter dem Einfluß der Entladung Wasserdampf bildet, der für die Zerstäubung schädlich wirkt; erst wenn aller Sauerstoff durch die Bildung von Wasserdampf, der ja von der Holzkohle rasch absorbiert wird, entfernt ist, zerstäubt die Kathode stark. Zerstäubt man Gold oder Silber in Wasserstoff, so erhält man leicht an Stellen des Zerstäubungsapparates, die von Kathodenstrahlen nicht getroffen werden, Gold, welches in der Durchsicht blau, und Silber, welches rot durchlässig ist, anstatt grünes Gold bezw. blaues Silber. Beides sind wohl unbeständige Verbindungen des Metalls mit Wasserstoff, die schon durch Auftreffen von Kathodenstrahlen reduziert werden.

Die Erzeugung hochgespannten Gleichstroms zur Zerstäubung geschah durch Verwendung des von Wehnelt angegebenen Gleichrichters. Damit die Ventilwirkung des

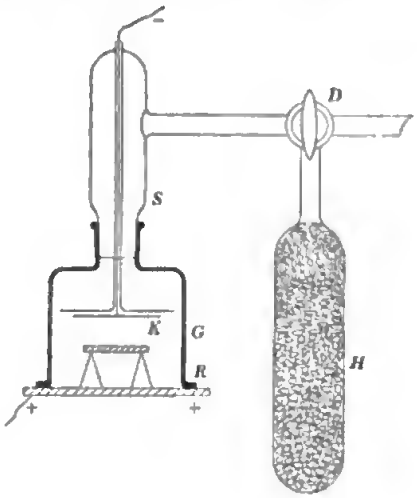


Fig. 3.

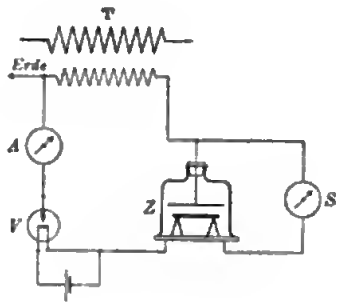


Fig. 4.

Apparates für Spannungen bis 6000 Volt vollkommen sei, muß die nicht mit Oxyd bedeckte Elektrode sehr gut allseitig isoliert sein, bis auf die recht klein (1 bis 2 mm^2) zu wählende Austrittstelle des Stromes. Die Isolierung geschah mit Hülfe von Magnesiaröhrchen, da Glas zu schmelzen anfing und den Kathodenfall dann sehr verkleinerte, sodaß die Ventilwirkung ausblieb. Das Vakuum im Gleichrichter muß so hoch sein, daß die blauen Kathodenstrahlen nicht mehr zu sehen sind, andernfalls tritt leicht bei der Auftreffstelle eines Kathodenstrahlbündels ein Schmelzen der Glaswand ein; auch ist für die Ventilwirkung das höchste Vakuum das günstigste. Der Kugeldurchmesser der Ventilröhre, welche ebenfalls durch Holzkohle zu evakuieren ist, betrug 5 *cm*, der Abstand der Anode von der Oxydkathode 15 *mm*.

Der zur Zerstäubung dienende Apparat ist sehr einfach und aus Fig. 3 ersichtlich. Die Glasglocke *G* ist am Rande *R* abgeschliffen und kann auf eine ebene Metall- oder Glasplatte mit etwas Fett luftdicht aufgesetzt werden. Verwendet man eine Metallplatte, so dient letztere gleichzeitig als Anode, findet eine Glasplatte Verwendung, so muß sie in der Mitte durchbohrt sein, sodaß man einen als Anode dienenden Aluminiumstift einkitten kann. Mit Hülfe des Schliffes *S* wird die Kathode *K* im Apparate gehalten. Sie ist, um ein Zerstäuben des Metalls von der Rückseite zu verhindern, dort mit Glimmer bedeckt; der zur Stromzuleitung dienende Draht ist aus demselben Grunde von einem Glasrohr umgeben. *H* ist

das mit ausgeglühter Holzkohle gefüllte Gefäß, D ein Dreiweghahn. Der Gegenstand, auf dem man das zerstäubende Metall niederschlagen will, wird in einer Entfernung von 2 bis 3 *cm* unter die Kathode auf eine kleine Stütze aus Glas gelegt.

Die Schaltung des Apparates ist aus dem Schema (Fig. 4) ersichtlich. T ist ein mit Wechselstrom der städtischen Zentrale gespeister Transformator, Z der Zerstäubungsapparat, zu dem der Spannungsmesser S parallel geschaltet ist, V das Ventilrohr. Das Milliamperemeter A mißt den im Kreise fließenden Gleichstrom. Die Erdung des einen Transformatorpoles macht das Hantieren am Amperemeter gefahrlos.

Zur Ausführung einer Zerstäubung wird der gereinigte Gegenstand an seinen Platz gebracht und der mit dem Gase, in dem man arbeiten will, gefüllte Apparat mit der Wasserstrahlpumpe evakuiert. Ist der Druck auf 2 *cm* gesunken, so legt man den Dreiweghahn um und verbindet den Apparat mit der geglühten Holzkohle. Das zur Zerstäubung günstige Vakuum (0,01 bis 0,02 *mm*) ist im Laufe einer Minute hergestellt, sodaß man den elektrischen Strom schließen kann. Man kann Stromstärken bis zu 20 Milliamp. leicht verwenden, muß aber dafür sorgen, daß der zu bestäubende Gegenstand sich nicht zu sehr erwärmt, weil die Güte des Metallniederschlags dadurch beeinträchtigt wird. Das Vakuum ist so zu regulieren, daß der Crookessche Dunkelraum gerade bis an den zu bestäubenden Gegenstand heranreicht. Die Stärke der Zerstäubung wächst mit dem Potentialfall an der Kathode sehr; doch erreicht dieses Wachstum eine Grenze bei ungefähr 3000 Volt, sodaß dieses das günstigste Potential darstellt, das man zum Zerstäuben verwenden soll.

So weit die bisherigen Versuche reichen, ist die Zusammensetzung des Zerstäubungsprodukts gleich der Zusammensetzung der Legierung oder nicht, je nachdem die Komponenten gleiches Atomgewicht haben oder nicht. Manganin und Konstantan zerstäuben, ohne die Zusammensetzung zu ändern. Es soll versucht werden, ob sich solche kathodenzerstäubte Manganinschichten zur Herstellung großer konstanter Widerstände mit sehr geringer Selbstinduktion und Kapazität verwenden lassen. Die Schichten haften auf einer Glasunterlage gut und sind nicht durch Reiben abzuwischen. Sie lassen sich elektrolytisch verkupfern, falls man die zu verkupfernde Stelle auf Glas niedergeschlagen hat, das durch Behandlung mit Flußsäuredampf rauh gemacht wurde.

III. Strahlung. Lumineszenz.

1. Wellenlängen der Trabanten verschiedener Spektrallinien[1]).

Die Untersuchungen der Struktur feinster Spektrallinien mit Hülfe der im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten neuen planparalleln Platte von 1 *cm* Dicke und 30 *cm* Länge wurden fortgesetzt. Die an den Quecksilber- und Wismutlinien gewonnenen genauen Messungen wurden veröffentlicht (Anh. Nr. 16). Weitere, noch nicht abgeschlossene Untersuchungen an Linien von Blei, Silber, Thallium, Kupfer ergaben z. T. noch nicht bekannte Anschlüsse über die Struktur einzelner Linien.

Es sei hierzu bemerkt, daß die Frage nach der Homogenität, Breite und Veränderlichkeit der Linien durch die neueren Festsetzungen von Normalwellenlängen im gesamten Spektrum eine große praktische Bedeutung erlangt hat. Ferner ist die Festlegung der Linienstruktur von Wichtigkeit für die Einreihung der Linien in Serien, da homologen Serienlinien die gleiche Struktur zukommen sollte.

2. Anodenstrahlen[2]).

Die weitere Untersuchung der Anodenstrahlen (vgl. den vorjährigen Bericht) führte zu einer Darstellungsmethode derselben, an Hand deren man besonders lichtstarke und dauernde Erscheinungen erhält. Die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit, deren Existenz man nach den früheren Versuchen vermuten konnte, wurde konstatiert, ebenso wie der sog. „Doppler-Effekt", welcher dem von Stark entdeckten Doppler-Effekt der Kanalstrahlen entspricht. Der sogenannte Anodenfall ist, wie Messungen ergaben, auffallend hoch und zählt im allgemeinen nach Tausenden von Volt. Diese Messungen führten im Verein mit der Messung des Doppler-Effekts und der magnetischen Ablenkung

[1]) Gehrcke, v. Baeyer, Janicki.
[2]) Gehrcke, Reichenheim.

zu dem Schluß, daß die Geschwindigkeit der Strahlen unter den angewendeten Versuchsbedingungen von der Größenordnung 10^7 *cm* in der Sekunde war, während sich für ε/μ die spezifische Ladung der auch bei der Elektrolyse auftretenden Natrium- bezw. Lithium- bezw. Strontiumteilchen ergab, je nachdem die Anode Natrium-, Lithium- bezw. Strontiumsalze enthielt. Diese Untersuchungen sind veröffentlicht (Anh. Nr. 17).

3. Fluoreszenzfarben des Glases[1]).

Im Anschluß an die Untersuchungen über Anodenstrahlen wurden gewisse Versuchsergebnisse nachgeprüft, auf Grund deren man neuerdings vielfach angenommen hatte, daß die positive Lichtsäule im höchsten Vakuum positive Elektronen aussendet. Die Prüfung ergab keinerlei Anhaltspunkte für die Existenz von positiven Elektronen; insbesondere stellte sich heraus, daß die sehr eigenartigen roten und blauen Fluoreszenzfarben des gewöhnlichen Glases, welche den Ausgangspunkt für jene Meinungen abgegeben hatten, durch langsam bewegte *negative* Elektronen erzeugt werden. Die erhaltenen Ergebnisse sind veröffentlicht (Anh. Nr. 18).

4. Messungen von ε/μ[2]).

Nachdem im Vorjahr Messungen von ε/μ an Hand des Zeeman-Effekts in schwachen Magnetfeldern angestellt worden waren, und nachdem auch ε/μ an Anodenstrahlen (vgl. oben) gemessen wurde, ist neben der Weiterführung dieser Untersuchungen auch eine Messung von ε/μ an Kathodenstrahlen nach einer neuen Methode ins Auge gefaßt worden. Die Vorarbeiten für die Durchbildung derselben sind im Gange.

(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Anordnung zur Verhinderung des Rückstoßes in Quecksilber-Luftpumpen.

Von R. E. De Lury. *Phys. Rev. 25. S. 495. 1907.*

Der obere Teil der Quecksilber-Luftpumpen ist gewöhnlich in der in Fig. 1 wiedergegebenen Weise angeordnet. Beim Senken des Quecksilbers tritt die Luft aus dem zum Rezipienten *C* führenden Rohre in das noch teilweise mit Quecksilber gefüllte Rohr *A* über. Solange noch keine hohe Verdünnung erreicht ist, wird bei schnellem Arbeiten der Pumpe hierbei das Quecksilber in *A* hochgeworfen und bei dem so seitlich auf das Glassystem ausgeübten Stoß dieses häufig zertrümmert.

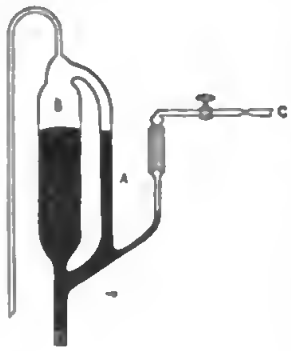


Fig. 1.

Diesem Übelstand wird durch eine Konstruktion, wie sie Fig. 2 zeigt, abgeholfen. Das Rohr *A* ist hier als oben und unten offenes Rohr *D* zentral in die Haupterweiterung *B* hineinverlegt und die Verbindung *E* zum Rezipienten bei *F* durch das Hauptsteigerohr hindurchgeführt. *E* ist ein dickwandiges Rohr von 2 *mm* innerer Weite; *D* ist unten 4 *mm*, oben dagegen 8 *mm* weit. Schon durch eine Erweiterung nach oben wird bei eintretender Luft ein Herausspritzen des Quecksilbers erschwert; geschieht es aber dennoch, so schlägt es zentral gegen den oberen festen Teil der Pumpe, wo es Beschädigungen nicht bewirken kann.

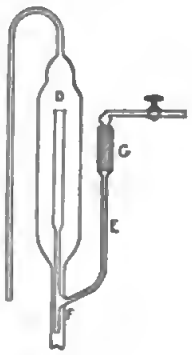


Fig. 2.

Das beschriebene Modell der Quecksilber-Pumpe hat sich gut bewährt.

Schl.

[1]) Gehrcke, Reichenheim.
[2]) Gehrcke, v. Baeyer, Reichenheim, Janicki, v. Wogau.

Die Genauigkeit der Nonienablesung.

Von O. Eggert. *Zeitschr. für Vermess.* **36.** *S. 635. 1907.*

Mit Hülfe einer einfachen Anordnung hat der Verf. neue Versuche über die Genauigkeit der „Breitenwahrnehmung“ (z. B. Genauigkeit der Wahrnehmung der Koinzidenz zweier gleicher Teilstriche bei der Nonienablesung) angestellt. Zwei Kartonblätter wurden je mit einem schwarzen Rechteck (Strich) von 12 *cm* Länge und 12 *mm* Breite versehen und in geringem Abstand Δ hinter einander gestellt derart, daß die zwei Rechtecke unmittelbar über einander erschienen. Rund 11 *m* vor den Blättchen wurde eine Skale horizontal aufgestellt, an der ein mit kleiner Öffnung versehener Schieber sich bewegen ließ. Es wurde dann an der Skale die Stellung des Schiebers abgelesen, bei der die infolge der Parallaxe bei Bewegung des Schiebers sich gegen einander verschiebenden Rechtecke (Striche) dem Beobachter zu koinzidieren schienen. Für Werte von Δ zwischen 5 und 13 *cm* und bei einer Entfernung der Skale vom hintern Strich gleich 11,1 oder 11,6 *m* wurde der m. F. (Skalenstrecke) a einer Koinzidenz aus wiederholten Einstellungen bestimmt. Die entsprechende lineare Strecke am vordern Strich ist gleich $\pm \frac{a \cdot \Delta}{s}$, und sie gibt als zugehörige mittlere Winkelunsicherheit $w'' = \pm \frac{a \cdot \Delta}{s^2} \cdot 206300''$. Die Werte von w, die sich bei diesen Versuchen ergaben, schwanken nicht stark (nur zwischen 2,3″ und 4,5″); der Mitteiwert ist ± 3,3″. Nimmt man an, daß bei einer Nonienablesung die *Lupe* den Scheitel des Sehwinkels bis auf 50 *mm* zur Teilung heranbringe, so entspricht dem genannten Wert von w die Wahrnehmung von $\frac{50 \cdot 3{,}3}{206300}$ *mm* = rund 1 μ, und man könnte damit den m. F. einer Nonienablesung annehmen

bei 22 *cm*	Limbusdurchmesser	zu	± 1,9″
„ 16 „	„	„	± 2,6″
„ 12 „	„	„	± 3,5″
„ 10 „	„	„	± 4,1″.

In der Tat entsprechen die ersten Zahlen dieser Tabelle, 22 und 16 *cm* Durchmesser, ungefähr den Erfahrungen an Kreisen, deren Nonius so weit „getrieben“ ist, als zweckmäßig erscheint (vgl. z. B. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, 2. Bd., 6. Aufl. 1904. *S. 250*, und Lüdemann, *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 357. 1907.* Ref. darüber in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 283. 1907*); für *kleine* Teilkreisdurchmesser läßt sich aber die berechnete Ablesungsgenauigkeit durch den Nonius praktisch *nicht* erreichen (z. B. am 10 *cm*-Kreis ± 4″). Der Verf. findet den Grund dafür darin, daß bei solchen kleinen Kreisen „zur Erleichterung der Ablesung die Limbusteilung in der Regel gröber ausgeführt wird, als es nach dem Durchmesser nötig wäre“; es mögen jedoch auch noch andere Gründe mitwirken.

Jedenfalls zeigt auch diese Untersuchung wieder sehr gut, welcher verhältnismäßig sehr hohen Genauigkeit die Nonienablesung fähig ist. Z. B. könnte man, wenn das Bedürfnis vorliegen würde, sicher schon einen 17 *cm*-Kreis zur Nonienablesung von 5″ einrichten. Man wird aber freilich aus andern Gründen bei der jetzigen Gepflogenheit bleiben, überhaupt keinen Nonius mehr anzuwenden, sobald über die Ableseschärfe 10″ hinausgegangen werden soll, sondern zum Skalen- und Schraubenmikroskop zu greifen, während man früher größere Kreise z. T. auch mit 5″- oder 4″-Nonien versah. *Hammer.*

Über ein neues Verfahren der Körpermessung.

Von C. Pulfrich. *Archiv f. Optik* **1.** *S. 42. 1907.*

Die Erfolge der stereophotogrammetrischen Methode in Astronomie, Topographie, Hydrographie, Architekturmessungen haben den Verf. die Anwendung auch auf Ausmessung *naher* Gegenstände auszudehnen ermutigt. Die Vorteile sind dieselben wie z. B. bei der Stereophoto-Topographie: das Stereoskopbild liefert ein dem aufgenommenen Gegenstand gleichwertiges und jederzeit verfügbares Modell, das mit der Stereokomparatormarke ganz

Digitized by Google

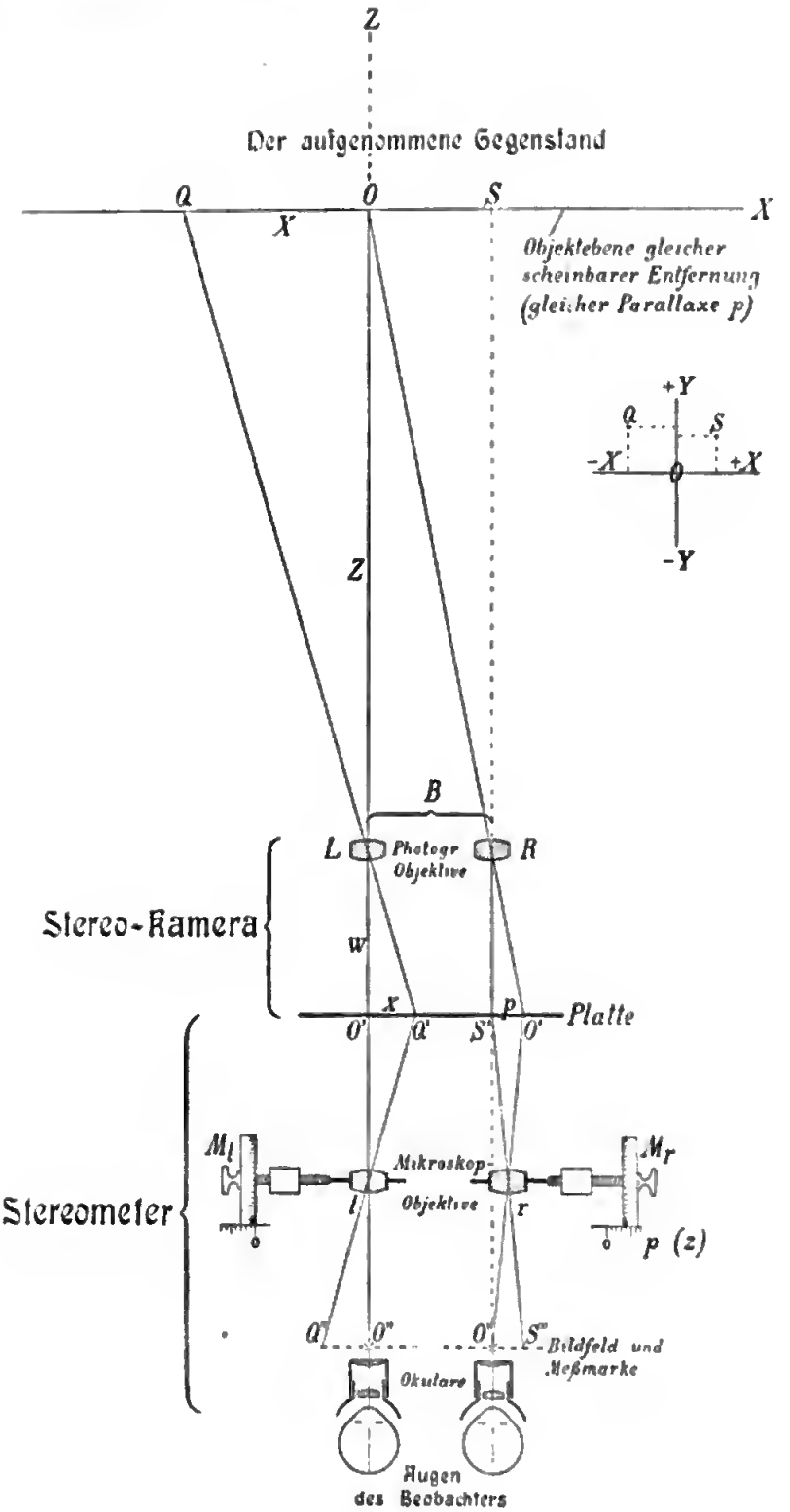

Z
Der aufgenommene Gegenstand
Q
O
S
X
X
Objektebene gleicher scheinbarer Entfernung (gleicher Parallaxe p)
+Y
Q
S
-X
O
+X
-Y
Z
B
L
Photogr. Objektive
R
Stereo-Kamera
w
x
p
Platte
O'
Q'
S'
O'
Stereometer
M_l
Mikroskop-Objektive
M_r
l
r
p (z)
Q''
O''
O''
S''
Bildfeld und Meßmarke
Okulare
Augen des Beobachters

Fig. 1.

in derselben Art betastet nnd ausgemessen werden kann wie der Gegenstand selhst mit Tasterzirkel, Maßstab n. s. f. Wann und wo diese Vorteile besonders in Betracht kommen, ist leicht zu sehen; der Verf. zählt eine ganze Reihe von Anwendungen des Verfahrens auf: Anthropometrie, Zoometrie (wenn der Ausdruck gestattet ist), medizinische Untersnchungen (Geschwülste u. dgl.), Bildhauerkunst (anch Archäologie, Architektnr), eine Reihe von physikalischen Aufgaben, in denen der Formznstand eines bewegten Körpers oder einer bewegten Flüssigkeitsoberfläche u. s. w. meßbar festznlegen ist. Der erste Versnch der Anwendnng der Stereophotogrammetrie auf Ausmessung einer bildnerischen Arhelt ist von Hrn. Topograph Sellger an einer Büste von Moltke gemacht worden mit Hülfe zweier Aufnahmen von vorn ans etwas über 3 *m* Abstand mit einer Kamera von 500 *mm* Brennweite und mit 20 *cm* Basisstrecke (Seltenversehlebung der Kamera); dle so erhaltenen Platten sind zu einem „Schichtlinienplan“ mit 10 *mm* Abstand der parallelen Schnlttebenen verarbeitet. Die an dlesem Plan erhaltenen und dle unmittelbar der Büste entnommenen Maße haben sich mit Fehlern von weniger als 1 *mm* übereinstimmend gezeigt.

Fig. 2.

B Bodenplatte; *E* Stellschraube mit Klemmschraube *F* und Überfangschraube *U* zum Festhalten des Dreifußes *R*; *T* Teilkreis; *O* die Kameraobjektive in 70 *mm* Abstand; *S* Schlitten für die Bewegung des Objektivbrettes in der Richtung der Achse; *H* Handhabe für diese Bewegung; *L* Dosenlibelle; *N* zwei Schieber zum Nummerieren der Platten; *G* Hebel für den Kassettenrahmen beim Einschieben der Kassette.

Bei den in dieser Art eigentlicher „Stereometrie“ auszuführenden Messungen hedarf es übrigens nicht der eben angedenteten gesonderten Aufstellung der Kamera in den Endpunkten einer kurzen Basis; viel vorteilhafter suchte Pulfrich das „*Stereometer*“ als einen Apparat herzustellen, der die stereoskopische Betrachtung und das Ausmessen der *ungeteilten* Platte ermöglicht: es wird auf die Platte durch *zwei* Objektive in bestimmtem Abstand photographiert in einer Doppelkamera (vgl. Fig. 1). Das für die stereoskopische Betrachtung erforderliche Umkehren der Bilder geschieht auf optischem Wege durch Anwendung zweier bildumkehrender Mikroskope, deren Objektivabstand mikrometrisch meßbar veränderlich ist. Bei Gegenständen, die sich in der Zwischenzeit nicht ändern, kann die Anwendbarkeit des Stereometers dadurch erweitert werden, daß durch Verschiebung der Stereokamera in der Richtung der Standlinie die Basis beliebig vergrößert wird.

Fig. 2 zeigt die *Stereometerkamera* 13 × 18 *cm*, mit $f = 150$ *mm*, $B = 70$ *mm* (Entfernung der „Tessar“-Objektive; Basis der Aufnahme). Die kürzeste Entfernung, auf die die Kamera scharf eingestellt werden kann, ist $^1/_2$ *m*, wobei die Bildweite 215 *mm* beträgt. Diese Bildweite wird bei jeder Einstellung der Kamera auf der Platte an einem Index ablesbar fixiert, ebenso werden die Lochmarken für die Koordinatenachsen bei der Aufnahme automatisch auf die Platte übertragen. Die Stereokamera ist auf einen Teilkreis gesetzt, der in der üblichen Art mit Unterbau und Stellschrauben versehen ist; bei Einspielen der Dosenlibelle *L* steht die Platte genügend genau vertikal, und die optischen Achsen, ebenso die Verbindungslinie der Lochmarken 1, 2 sind horizontal gerichtet. Der Objektraum, der den mit der Stereokamera aufzunehmenden Gegenstand enthalten kann, wenn er ganz auf beiden

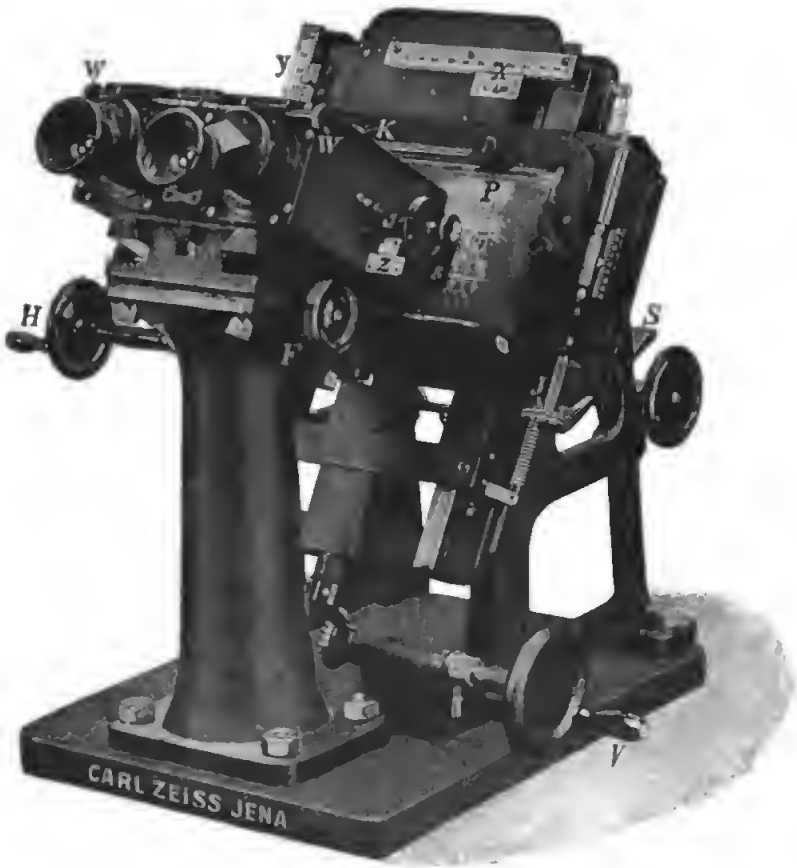


Fig. 3.

Hälften der Platte abgebildet werden soll, läßt sich aus den gegebenen Dimensionen der Bildfläche und aus der Bildweite w einfach konstruieren. Die Untersuchung der *Fehler* der Messung zeigt, daß, wenn die Fehler in Z 1 *mm* nicht überschreiten sollen, für den Gegenstand Entfernungen bis zu 2 *m* von der Stereometerkamera in Betracht kommen; die Fehler dX und dY sind neben dZ wenig von Bedeutung.

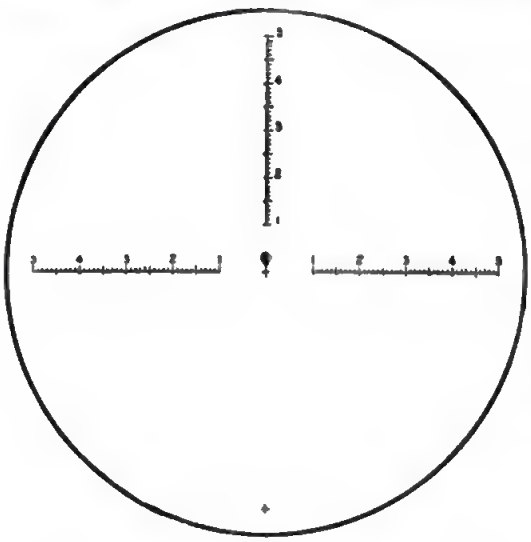


Fig. 4.

Das *Stereometer* selbst (Stereokomparator für unzerschnittene Aufnahmen [mit der Stereometerkamera] *naher* Gegenstände) ist in Fig. 3 dargestellt. Die zwei Stereometermikroskope haben einen Kreis von 10 *mm* Durchmesser als Gesichtsfeld. Die Okulare O_1 und O_2 sind auf deutliches Sehen der Meßmarke wie gewöhnlich für jedes Auge getrennt durch Drehen des Okularrands einzustellen; die Einstellung auf den Augenabstand des Beobachters ist durch Drehen der Walze W zu machen, das Einstellen der Mikroskope auf deutliches Bild am Trieb F. Die Meßmarke ist in Fig. 4 dargestellt. Die Parallaxe wird mit Hülfe der Mikrometerschrauben Z (Fig. 3) gemessen; die in der Figur sichtbare Schraube Z kehrt links in genau

identischer Form wieder, und die zwei Schrauben sind so eingerichtet, daß die zu messende Parallaxe jedesmal gleich der Summe der Ablesungen an den zwei Mikrometerschrauben ist.

Es ist kein Zweifel, daß Pulfrich mit dem *Stereometer* der Stereokomparator-Körpermessung neue ausgedehnte und wichtige Anwendungsgebiete erschlossen hat.

Hammer.

Hängender Kollimator zur Bestimmung des Zenitpunktes.

Der Vorschlag von G. Lippmann, über den in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 249. 1907* referiert wurde, ist vor mehreren Jahren bereits von Hrn. Schwarzschild in Göttingen verwirklicht und in dem Aufsatz „Über photographische Breitenbestimmung mit Hülfe eines hängenden Zenitkollimators" in den *Astronom. Nachr.* **164.** *S. 1. 1903* dargelegt worden. Schwarzschild hat die Feder, an welcher der Kollimator aufgehängt ist, kürzer genommen als Lippmann, dafür sind aber die beiden Messingbacken, in welche die Feder eingeklemmt ist, in fester Verbindung mit einer Stahlschneide, die demnach den ganzen Kollimator trägt Schwarzschild benutzte den Kollimator zur Bezeichnung des Zenites auf der photographischen Platte einer darunter vertikal aufgestellten Kamera. Die Sternspuren dienten ihm in Verbindung mit der Lage des Zenitpunktes zur Bestimmung der Polhöhe, welche sich in Anbetracht des provisorisch zusammengestellten Apparates mit recht befriedigender Genauigkeit ergab; der mittlere Fehler einer Bestimmung betrug $\pm$ 1,2″. *Kn.*

Entwurf einer Maschine für sehr hohe Drucke.

Von J. E. Petavel. *Physikal. Zeitschr.* **9.** *S. 74. 1908.*

Das Prinzip der in Fig. 1 schematisch dargestellten Maschine bietet an sich nichts Neues; sie ist nach dem Prinzip der Cailletetschen Pumpe konstruiert und bildet die Vereinigung einer hydraulischen Pumpe mit einer hydraulischen Presse. In anderer Form wird sie schon seit Jahren von der Firma Schaeffer & Budenberg A.-G in Magdeburg-Buckau zur Prüfung von Hochdruck-Manometern angefertigt[1]), in neuerer Zeit sogar für Drucke über 4000 *kg/qcm*.

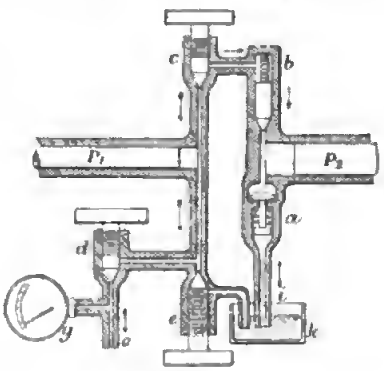


Fig. 1.

Die hier abgebildete Maschine ist in den Werkstätten der Universität Manchester gebaut und sollte gestatten, in einem kleinen Behälter einen konstanten Druck von etwa 2100 *kg/qcm* beliebig lange aufrecht zu erhalten. Um dann den Apparat nicht nur für diesen besonderen Zweck, sondern auch als Prüfungspumpe gebrauchen zu können, wurde ein Höchstdruck von etwa 3140 *kg/qcm* gefordert.

Die Maschine besteht aus der durch einen Hebel betätigten doppelseitig wirkenden Pumpe P_2 und der durch eine Schraube eingetriebenen Presse P_1, die beide durch Röhren und Kanäle miteinander in Verbindung stehen. Für geringere Drucke wird nur die Pumpe in Betrieb gesetzt, während zur Erzeugung höherer Drucke nach Abschluß des Ventils *c* der Stempel der Presse P_1 eingedrückt wird. Falls die vorhandene Flüssigkeit zur Herstellung des gewünschten Druckes nicht genügt, so wird das Ventil *d* geschlossen, *e* geöffnet und der Zylinder der Presse durch die Pumpe P_2 von neuem mit Flüssigkeit gefüllt, welches Verfahren so oft wiederholt wird, wie nötig ist. Die Ein- und Auslaßventile *a* und *b* der Pumpe arbeiten automatisch und entnehmen die Füllflüssigkeit aus dem Behälter *k* durch das Rohr *i*; *g* ist das Manometer, das den Druck angibt, und *o* bildet die Verbindung zu dem zu prüfenden Apparat. Bei *e* ist ein Auslaßventil, das die Füllflüssigkeit in den Behälter *k* zurückführt.

[1]) Vgl. Katalog „Wissenschaftliche Instrumente". Deutsche Unterrichts-Ausstellung auf der Welt-Ausstellung in St. Louis 1904. *S. 125.*

Von Einzelheiten sei noch die besondere Konstruktion des Einlaßventils a erwähnt, die aber in der hier abgebildeten schematischen Skizze nicht angegeben ist. Das Ventil trägt am unteren Teil des Kopfes ringsum eine Nut, in welche ein Lederring eingelegt ist, und welche auf einen Metallring, der auf das Ventillager aufgeschliffen ist, paßt.

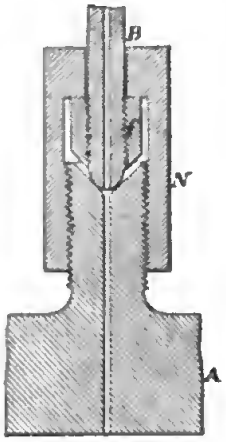


Fig. 2.

Für die Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilen der Pumpe und dem zu prüfenden Apparat wird bei Drucken bis 700 *kg/qcm* hartgezogenes Kupferrohr von etwa 1,6 *mm* lichter Weite und 9,5 *mm* äußerem Durchmesser benutzt. Die Rohre werden in Messingkonusse eingeschraubt und eingelötet, welche durch Stahlmuttern an ihre Lager angedrückt werden. Bei höheren Drucken werden Stahlrohre von 1,6 *mm* lichter Weite und 12,7 *mm* äußerem Durchmesser verwendet. Man stellt dann die Verbindung zwischen dem Rohr und dem Ansatzstück direkt derart her, wie die Fig. 2 erkennen läßt. A ist das Hochdruckgefäß, B das Stahlrohr mit eingeschraubtem und angeschweißtem Flansch f, N die Stahlmutter, welche das konische Rohrende herabpreßt und dadurch den Schluß herstellt.

Verf. gibt schließlich noch zum Verschluß für kleine und größere Öffnungen einige Dichtungen an, deren Prinzip darauf beruht, daß der Deckel einen hervortretenden Ring trägt, der gegen einen in eine Aussparung in dem Hauptteil eingelassenen Kupferring drückt. Auch dieses Prinzip findet schon Verwendung, z. B. zum Deckelverschluß bei Kalorimeterbomben. *Wb.*

Über einen Mechanismus zur genauen Erhaltung des Minimums der Ablenkung bei einem Prismenzug.

Von M. Hamy. *Journ. de phys.* **7**. *S. 52. 1908.*

Ist ein Prismenzug für eine beliebige, aber bestimmte Farbe auf das Minimum der Ablenkung eingestellt, so bilden je zwei benachbarte Prismen miteinander denselben Winkel; will man nun zu einer anderen Farbe übergehen, so muß dieser Winkel zwischen je zwei Prismen je um denselben Betrag geändert werden. Dazu bedarf es eines Mechanismus und als solchen empfiehlt Hamy eine Anzahl Zahnräder. In Fig. 1 seien B und C zwei feste Achsen, auf die zwei gleiche Zahnräder aufgeschoben sind; auf den Zahnrädern seien die festen Hebel A bezw. D angebracht. Dreht man nun den Hebel A

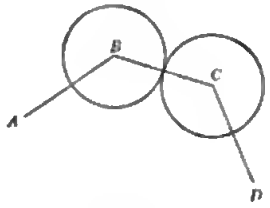


Fig. 1.

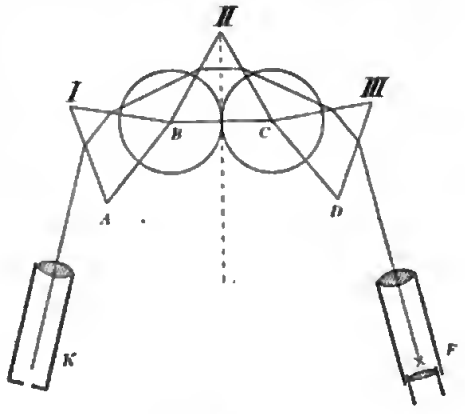


Fig. 2.

um einen bestimmten Winkel, so dreht sich der Hebel D vermöge der Wirkung der gleichen Zahnräder um denselben Betrag; sind die Durchmesser der Zahnräder verschieden, so dreht sich das große Rad im Verhältnis der Durchmesser langsamer. Dieses bekannte Gesetz gilt ohne weiteres für beliebig viele Zahnräder.

Betrachten wir jetzt in Fig. 2 BC als die Horizontalprojektion der Basisfläche eines feststehenden Prismas, AB und CD in gleicher Weise als die Basen zweier beweglichen

Prismen, so genügen bei einem dreiteiligen Prismenzuge zwei Zahnräder, die mit den Prismen *I* bezw. *III* fest verbunden sind, noch nicht zur Erhaltung des Minimums der Ablenkung, denn es muß sich außerdem der Kollimator *K* gegen Prisma *I* und das Fernrohr *F* gegen Prisma *III* bewegen, und zwar je halb so schnell, als sich Prisma *I* und *III* gegen Prisma *II* bewegen; man braucht also noch eine zweite Serie von Zahnrädern.

Zweckmäßig werden die zwei Serien von Zahnrädern in zwei Etagen angeordnet. Da man nun von jedem Zahnrade nur einen kleinen Teil des Umfangs benutzt, wird man sich bei der Anfertigung des Mechanismus auf Zahnradsektoren beschränken.

Ein nach diesem Prinzipe von der Firma A. Johin, Paris (rue de l'Odéon 21) für die *École polytechnique* gebautes Spektroskop arbeitet einwandfrei. Verf. gibt genaue Anweisungen für die Auswahl der Zahnräder bei Spektroskopen von fünf und weniger Prismen.

Die relativen Zahnraddurchmesser ändern sich, wenn man statt der skizzierten Konstruktion für durchfallendes Licht eine solche mit Autokollimation betrachtet, und hängen wiederum davon ab, ob die spiegelnde Fläche durch einen Planspiegel oder durch die versilberte Rückfläche eines 30°-Prismas gebildet wird.

Dem Ref. sei die Bemerkung gestattet, daß er für denselben Zweck bereits vor Jahren an einem Quarz-Monochromator für ultraviolettes Licht Zahnräder mit bestem Erfolge verwendet hat.

Ein anderer, ebenfalls mit Zahnrädern ausgerüsteter, sehr lichtstarker Spektralapparat wird demnächst in dieser Zeitschrift ausführlich beschrieben werden, nachdem kürzlich eine vorläufige Mitteilung darüber erschienen ist[1]). *Lö.*

Störungsfreies Magnetometer für Eisenuntersuchung.

Von E. Haupt. *Elektrotechn. Zeitschr. 28. S. 1069. 1907.*

Mit Recht wies der Verf. in seinem Vortrag im Elektrotechnischen Verein zu Berlin darauf hin, daß bis jetzt eine Vorrichtung zur magnetischen Untersuchung kleiner Eisenproben von nur wenigen Zentimeter Länge fehlte; denn die bekannten Apparate von du Bois, Köpsel-Kath und auch das Schließjoch in Verbindung mit dem ballistischen Galvanometer verlangen beträchtlich größere Abmessungen, und selbst das Magnetometer versagt bei sehr kleinen Objekten an stark gestörten Orten. Diesem Mangel hat der Verf. durch den im Kaiserlichen Telegraphen-Versuchsamt konstruierten und von der elektrotechnischen Fabrik von H. Boas in Berlin (O. 27, Krautstraße 52) ausgeführten Apparat (vgl. Fig. 1) abgeholfen.

Der wesentlichste Teil desselben besteht aus einem astatischen vertikalen Magnetnadelpaar von etwa 15 *cm* Länge, das durch zwei leichte Aluminiumbügel zu einem Rahmen verbunden ist (Fig. 2); dieser Rahmen ist mittels einer Stahlspitze in einer Pfanne drehbar gelagert. Bei den geringen Dimensionen des Nadelpaares ist dasselbe, wie leicht ersichtlich, gegen äußere magnetische Störungen durch Straßenbahnen u. dgl. ganz unempfindlich, was einen außerordentlichen Vorzug bedeutet.

Zwischen den oberen und unteren Polen des Nadelpaares befindet sich je eine Spule gleicher Stärke; da beide Spulen von demselben Strom im gleichen Sinne durchlaufen werden, so hebt sich ihre Wirkung auf das Nadelpaar auf. Bringt man dagegen das zu untersuchende Eisenstäbchen in die Mitte der einen Spule, so wird das Nadelsystem abgelenkt, und zwar wirkt, abweichend vom gewöhnlichen Magnetometer, jeder Pol des Probestabs auf jeden der benachbarten Pole des Nadelpaares im *gleichen* Sinne drehend, sodaß bei der geringen Entfernung der Pole auch von einem kleinen Stab ein beträchtliches Drehmoment ausgeübt werden kann. Mittels eines Torsionskopfs, welcher durch eine Feder mit dem Nadelpaar verbunden ist, wird dieses nach jeder Ablenkung in die Null-Lage zurückgedreht, wobei unbequeme Schwankungen durch eine Luftdämpfung verhindert werden.

Es ist klar, daß die Anzahl der zum Zurückdrehen notwendigen Teilstriche des Torsionskopfs proportional der Intensität der Magnetisierung des Stabs sein wird, wenn man sich

[1]) H. du Bois, G. J. Elias und F. Löwe, *Versl. Acad. Amsterdam Afd. Nat. 16. 1908* (*28. März*).

den Magnetismus in unveränderlichen Polen des Stabes vereinigt denken darf. Hat man nun den Apparat mit einem Stab von bestimmter Länge, dessen Magnetisierungskurve bekannt ist, geeicht, indem man ermittelt, welcher Magnetisierungs-Intensität ein Skalenteil am Torsionskopf entspricht, und reduziert man noch die jeweilige, aus den Spulenabmessungen und der Stromstärke sich ergebende scheinbare Feldstärke durch den bekannten „Entmagnetisierungsfaktor" des Stabs, so kann man auch für andere Stäbe derselben Länge vollständige Magnetisierungskurven aufnehmen; selbstverständlich ist für jede Stablänge eine besondere Eichung nötig.

Prinzipiell ist der Apparat natürlich nicht auf besonders kleine Dimensionen beschränkt, sondern man kann ihn auch zur Untersuchung von längeren Stäben und Blechstreifen be-

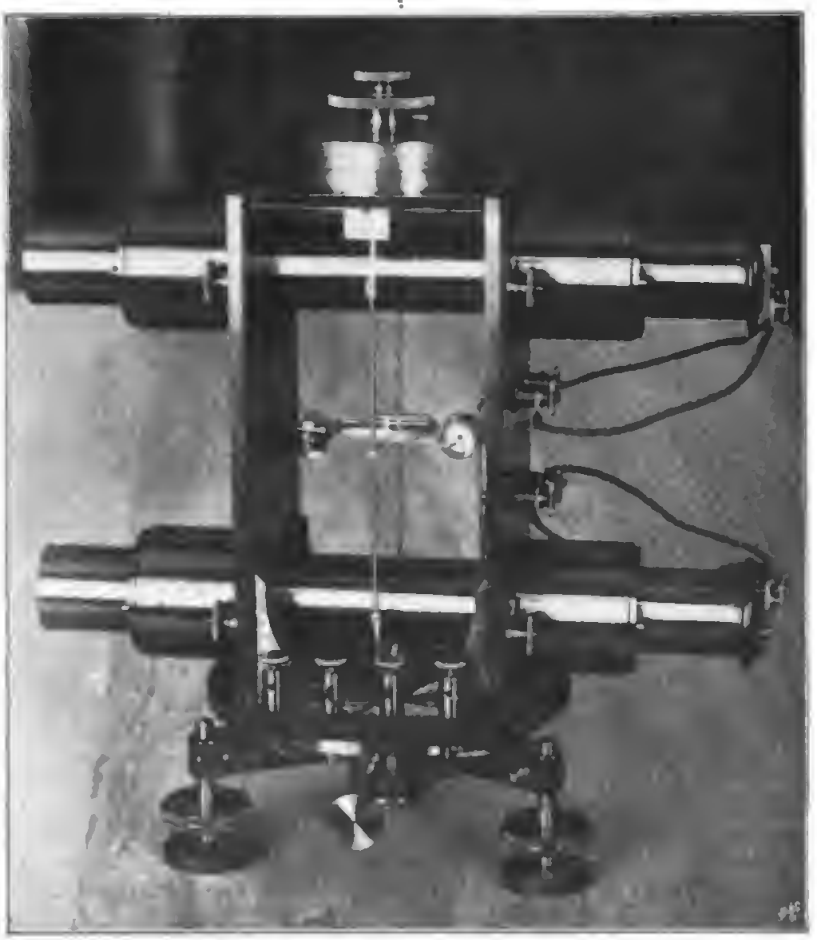


Fig. 1.

nutzen, und speziell würde er, wie Ref. bereits in der Diskussion hervorhob, seiner großen Empfindlichkeit halber vielleicht bei der Bestimmung der sog. Anfangspermeabilität, d. h. der Magnetisierung durch sehr kleine Kräfte, gute Dienste tun, wo fast alle anderen Methoden versagen.

Das weiterhin vom Ref. in der Diskussion erwähnte Bedenken, daß nach dem Zerschneiden und Bearbeiten der zur Eichung notwendigen Probestäbe die magnetischen Eigenschaften der kleinen Stäbchen vielfach nicht mehr genau mit denjenigen der ursprünglichen Stäbe übereinstimmen würden, läßt sich bis zu einem gewissen Grad durch einen von V. Quittner (*Elektrotechn. Zeitschr. 29. S. 44. 1908*) gemachten Vorschlag beseitigen, daß man den Probestab durch eine stromdurchflossene Spule ersetzt, deren Moment berechnet oder

Digitized by Google

experimentell bestimmt werden kann. Indessen wird auch dies Hülfsmittel nur für mäßige Induktionen verwendbar sein; denn bei einem Solenoid hängt die Lage der Pole nur von den Dimensionen der Spule ab, bei einem zylindrischen Stab dagegen auch von der Höhe der Magnetisierung. Beispielsweise beträgt bei einem Stab vom Dimensionsverhältnis 50 der Abstand der für die Fernwirkung in Betracht kommenden Pole bei Induktionen bis zu ungefähr $\mathfrak{B} = 12000$ etwa $^5/_6$ der Stablänge, während mit zunehmender Induktion die Pole bis ganz in die Nähe der Stabenden rücken. Infolgedessen wird durch die Vergrößerung des Abstandes zwischen den Polen des Stabes und der Nadeln das Drehmoment geringer, und die durch die Eichung gefundene Konstante gilt nicht mehr.

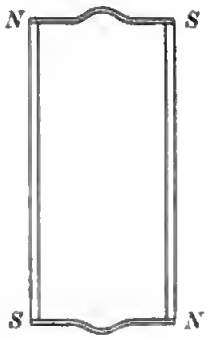


Fig. 2.

Diese Fehlerquelle haftet ja auch den Messungen an zylindrischen Stäben mit dem gewöhnlichen Magnetometer an; sie wird aber dort weniger merklich, weil die Messungen meistens aus beträchtlichem Abstand vorgenommen werden, während sie sich im vorliegenden Falle, wo die Abstände nur wenige Zentimeter betragen, sehr störend geltend machen muß. Hieraus, sowie auf die Unsicherheit des Entmagnetisierungsfaktors bei höheren Induktionen ist jedenfalls auch die starke Abweichung der im Apparat aufgenommenen von den Normalkurven (Fig. 38 und 39 des Aufsatzes) im Bereich der höheren Induktion zurückzuführen. Man wird also, um den Apparat auch für die höheren Induktionen brauchbar zu machen, auch bei gleich langen Stäben verschiedene Reduktionsfaktoren für verschieden hohe Induktionen empirisch bestimmen müssen; bei genaueren, wissenschaftlichen Untersuchungen aber wird man nicht umhin können, dem Probeobjekt die Gestalt des Rotationsellipsoids zu geben, bei welchem der Polabstand und der Entmagnetisierungsfaktor ja konstant bleiben. *Gich.*

Bücherbesprechungen.

O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. 3. Bd. Die Lehre von der Wärme. Übers. v. E. Berg. gr. 8°. XI, 988 S. m. 259 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 16 M.; geb. in Halbfrz. 18 M.

Dieser dritte Band des schon durch die Übersetzung der beiden ersten Bände in Deutschland rühmlichst bekannt gewordenen Chwolsonschen Werkes (vgl. *diese Zeitschr. 25. S. 91, 290. 1905*) enthält die Lehre von der Wärme, die wohl noch in keinem Lehrbuche der Physik bisher so umfassend und erschöpfend behandelt worden ist. Die allgemeinen Auseinandersetzungen über die grundlegenden Theorien sind fesselnd und klar geschrieben, und zugleich ist die historische Entwicklung eines jeden Gebietes von den ersten Anfängen bis zur neuesten Zeit mit internationaler Gerechtigkeit dargestellt. Die mathematischen Deduktionen, welche nur die Elemente der höheren Analysis voraussetzen, gehen nicht mehr, als zum Verständnis der Erscheinungen und um den allgemeinen Betrachtungen eine greifbare Form zu geben erforderlich ist. Nur die sehr vollständige Aufzählung der experimentellen Untersuchungen sowie der Inhalt mancher Tabellen scheinen dem Ref. gelegentlich etwas über den Rahmen eines Lehrbuchs hinauszugehen.

Der Inhalt gliedert sich folgendermaßen. Einem einleitenden Kapitel mit allgemeinen Betrachtungen über die Grundlagen folgen die beiden eingehenden Kapitel über Thermometrie und Wärmeausdehnung. Im ersteren werden außer Gas- und Flüssigkeitsthermometern (Hg) noch die übrigen, besonders die elektrischen und optischen Methoden der Temperaturmessung abgehandelt, im letzteren bespricht der Verf. die Wärmeausdehnung und die thermischen Druckkoeffizienten der Körper in den drei Aggregatzuständen. In dem nun folgenden vierten Kapitel über Wärmekapazität finden wir außer den verschiedenen kalori-

metrischen Methoden viel experimentelles Material über die spezifischen Wärmen der Körper. Das fünfte Kapitel ist der Thermochemie, das sechste der Erkaltung der Körper gewidmet. Theorie und Methoden der Wärmeleitung finden im siebenten Kapitel Platz, während die letzten sieben Kapitel die Thermodynamik und ihre Anwendung auf physikalische und physikalisch-chemische Erscheinungen behandeln. Zunächst wird ein umfangreiches Kapitel der theoretischen Begründung des ersten und zweiten Hauptsatzes gewidmet, sodann wird gezeigt, wie die Thermodynamik auf bereits beschriebene Erscheinungen anzuwenden ist. Zwei Kapitel behandeln die Änderungen des Aggregatzustandes und zwei weitere beschäftigen sich mit den gesättigten und ungesättigten Dämpfen. Das Schlußkapitel bringt eine vorzügliche Darstellung der Phasenregel nebst ihren Anwendungen und die Theorie der Lösungen, vorwiegend in der Art und Weise, die von Planck entwickelt worden ist.

Am Ende eines jeden Kapitels befindet sich eine Literaturübersicht, die bis zu den neuesten Erscheinungen fortgesetzt ist, während ein vollständiges Namen- und ein etwas kurz geratenes Sachregister den Beschluß des ganzen Bandes machen. Eine große Zahl guter Figuren unterstützt die anschaulichen Beschreibungen der Apparate und Methoden. *v. St.*

Neue Preisliste von Leeds & Northrup Co., Philadelphia, Pa.

Electrical measuring instruments. 8°. 125 S. m. Fig. 1907.

Preislisten angesehener und leistungsfähiger Firmen des Auslands einer eingehenden Durchsicht zu unterziehen, ist in der Regel sehr lehrreich, weil man dadurch einmal einen guten Einblick in die Leistungsfähigkeit der betreffenden Firmen erhält und zweitens sieht, inwieweit sich die Hülfsmittel, mit denen man im Ausland arbeitet, von den bei uns üblichen unterscheiden. Das vorliegende Preisverzeichnis und die demselben beigegebenen Schriften sind in diesen Beziehungen sehr lesenswert. Rein äußerlich unterscheidet es sich von vielen deutschen Preisverzeichnissen schon dadurch, daß namentlich von neueren Apparaten

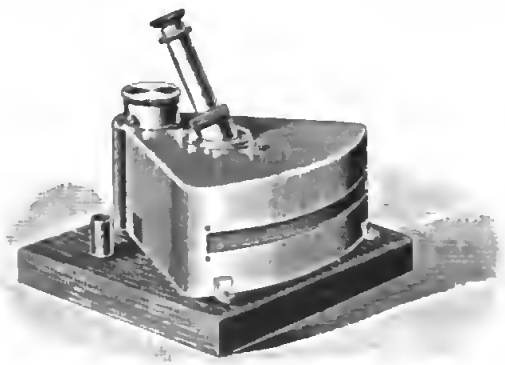


Fig. 1.

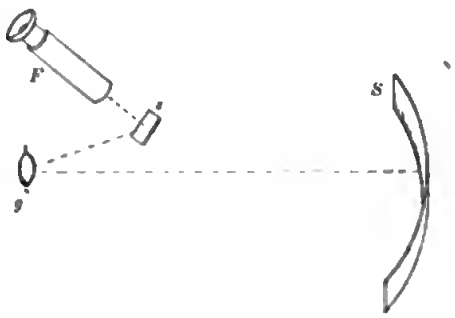


Fig. 2.

eine übersichtliche Beschreibung, begleitet von zahlreichen Figuren, gegeben wird. In kleineren, besonders ausgegebenen Druckschriften sind sehr gute, kurze Abrisse der Theorien von Apparaten oder Methoden entwickelt; dazu sind eingehende Angaben darüber gemacht, für welche Fälle die Apparate sich eignen, bezw. wie sie zu gebrauchen sind; von derartigen kleinen Schriften liegen dem Ref. die folgenden vor: Über Normalwiderstände. Über Widerstandskästen und Wheatstonesche Brücken. Die Brücke von Carey Foster. Der Kompensationsapparat von Leeds & Northrup. Ein Apparat zur direkten Bestimmung elektrischer Leitfähigkeiten. Literaturangaben, auch aus nicht englischen Quellen, sind genügend gemacht, bei Normalwiderständen und Photometern wird wiederholt auf die Reichsanstalt verwiesen, deren Modelle die Firma im wesentlichen übernommen hat.

Es mögen nun einige Apparate herausgegriffen werden, die besonderes Interesse verdienen.

1. Ein tragbares Drehspul-Galvanometer mit Spiegelablesung (Fig. 1 u. 2). Empfindlichkeit: 1 Skalenteil für 10^{-7} Ampere.

2. Eine Carey Foster-Brücke. Über die Methode vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 217. 1901.*

3. Dekadenkästen. Eine Dekade ist aus nur *vier* Widerständen, nämlich $1 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$, $3 \cdot 10^n$, $3 \cdot 10^n$ zusammengesetzt. Die Schaltung zeigt Fig. 3; *ein* Stöpsel, durch den je zwei in einer Horizontalreihe liegende Metallklötze (Kreise) verbunden werden, erlaubt, alle Widerstände von 0 bis 9 in der betreffenden Dekade zu schalten.

4. Das Spiegeldynamometer von Rowland nebst zugehörigem Schaltkasten, um die Messung von Wechselspannungen, Wechselströmen und Leistungen bequem ausführen zu können.

5. Der Gleichstrom-Wechselstrom-Komparator. Dieser besteht (Fig. 4) aus zwei neben einander ausgespannten Hitzdrähten $A\,B$ und $C\,D$; mittels eines quer über beiden Drähten gelagerten Spiegels erkennt man, wann beide Drähte durch die Stromwärme gleich stark ausgedehnt werden. Der Apparat liegt im Nebenschluß zu einem induktionslosen Widerstand R, der von dem zu messenden Wechselstrom durchflossen wird. Zunächst sind die beiden Hitzdrähte einander parallel an R gelegt; durch einen Regulierwiderstand l, der dem einen der Hitzdrähte vorgeschaltet ist, wird eine etwaig auftretende Ablenkung des Spiegels auf

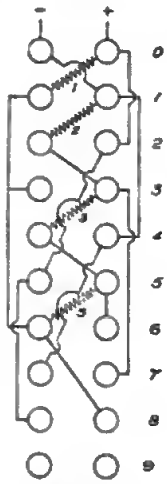


Fig. 3.

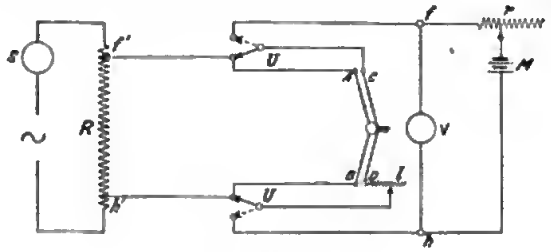


Fig. 4.

Null zurückgebracht. Alsdann wird durch Umlegen des Schalters $U\,U$ einer der beiden Drähte abgeschaltet und an eine Gleichstromquelle M angeschlossen. Letztere wird mit Hülfe von r so lange reguliert, bis wiederum der Spiegelausschlag auf Null zurückgeht. Durch eine einfache Rechnung wird dann die Stärke des Wechselstroms in der Hauptleitung aus der vom Spannungsmesser V angezeigten Gleichstromspannung zwischen den Punkten $f\,h$ und dem Widerstand zwischen den Punkten $f'\,h'$ gefunden; dabei ist natürlich eine Korrektion wegen des durch $A\,B$ fließenden Stromes anzubringen.

Die Preise der Apparate sind für deutsche Begriffe ungewöhnlich hoch; so betragen die Preise für Normalwiderstände das 3- bis 6-fache von dem, was man bei uns zu zahlen pflegt.

Druck, Papier, Abbildungen und die ganze äußere Ausstattung des Katalogs sind mustergültig. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

J. Landauer, Die Lötrohranalyse. Anleitung zu qualitativen chem. Untersuchgn. auf trockenem Wege. 3., verb. u. verm. Aufl. 8°. VII, 183 S. m. 30 Fig. Berlin, J. Springer 1908. Geb. in Leinw. 6 M.

O. Lehmann, Leitfaden der Physik zum Gebrauch bei Experimentalvorlesungen nach „Frick, physikalische Technik". 7. Aufl. kl. 8°. XVI, 320 S. m. 81 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1907. 4,50 M.; geb. in Leinw. 5 M.

E. Remy, *Cours élémentaire de Navigation.* 4°. 142 S. m. Fig. Autographie. Ostende 1904. 3,50 M.

J. A. Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach 1450 bis 1830. 33,5 × 25,5 *cm*. VIII, 132 S. m. 171 Abbildgn. Leipzig, W. Engelmann 1908. 16 M.; geb. in Leinw. 18,50 M.

M. Brillouin, *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz.* In 2 Tln. Tl. II: *Viscosité des gaz; caractères généraux des théories moléculaires.* gr. 8°. 146 S. m. 25 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1907. 4,50 M.

Das vollständige Werk, 2 Tl., 228 u. 146 S. m. 90 Fig. 12 M.

N. Sibenaler, *Notes du cours de Mécanique appliquée.* 4. Ausg. In 2 Bdn. 8°. 323 u. 318 S. m. Atlas v. 56 Taf. in 4°. Autographie. Löwen 1906. 25 M.

—, *Notes du cours de Physique Industrielle.* 8°. 288 u. 110 S. m. Atlas v. 28 Taf. Autographie. Löwen 1906. 12,50 M.

A. H. Garrett, Das Jaypur-Observatorium (Indien) und sein Erbauer. Übersetzt v. Berghelz. Lex. 8. 64 S. m. 2 Taf. u. Fig. Berlin 1907. 3 M.

W. M. Baker, *Key to Elementary Dynamics.* 8°. London 1907. Geh. in Leinw. 10,80 M.

J. Bosscha, *Leerboek der Natuurkunde en van hare voornaamste Toepassingen.* Bd. IV. 6. Aufl. 2. Tl.: Physische Optik, bearb. v. R. Sissingh. 8°. XXI, 768 S. m. 312 Fig. Leiden 1907. 20,50 M.

1. Tl.: Geometrische Optik. XVI, 720 S. m. 4 Taf. u. Fig. 1902. 23 M.

M. A. Oudin, *Standard Polyphase Apparatus and Systems.* 5. Aufl. 8°. 880 S. m. Fig. London 1907. Geh. in Leinw. 12,80 M.

Kalender f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik, hrsg. v. W. v. Schlebach. 1908. 31. Jahrg. des v. Schlebachschen Kalenders f. Geometer u. Kulturtechniker. 4 Tle. m. vielen Textfig. u. e. Anh. kl. 8°. 31, 112, 120; 111, 200, 64, 10 u. 98 S. Stuttgart, K. Wittwer. Geh. in Leinw. u. geh. 4 M.

C. B. Breed u. G. L. Hosmer, *Principles and Practice of Surveying.* 8°. 544 S. m. Fig. New York 1906. Geh. in Leinw. 15 M.

H. Weber u. J. Wellstein, Enzyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch f. Lehrer u. Studierende. In 3 Bdn. 2. Bd.: Enzyklopädie der elementaren Geometrie. Bearb. v. H. Weber, J. Wellstein u. W. Jacobsthal. 2. Aufl. gr. 8°. XII, 596 S. m. 251 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geh. in Leinw. 12 M.

M. Weber, Einführung in die Krystalloptik. Lex. 8°. 17 S. m. 35 Fig. München, J. Lindauer 1908. 0,80 M.

R. W. Stewart, *Tutorial Physics. Vol. 2 & 4.* 2. Ausg. 8°. London 1907.

Vol. 2: Higher Textbook of Heat. 407 S. m. Fig. Geh. in Leinw. 6,70 M. — *Vol. 4: Higher Textbook of Magnetism and Electricity.* 757 S. m. Fig. Geb. in Leinw. 6,70 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

Nr. 160. S. Arrhenius, Untersuchungen üb. die galvanische Leitfähigkeit der Elektrolyte. Am 6. VI. 1883 der kgl. schwed. Akad. der Wissenschaften vorgelegte Abhandlg. Übers. v. Anna Hamburger u. hrsg. v. O. Sackur. 153 S. m. 6 Fig. im Text. 1907. Kart. 2,50 M. — Nr. 161. Ch. Doppler, Abhandlungen. Hrsg. v. H. A. Lorentz. 195 S. m. 36 Fig. im Text u. e. Bildnis. 1907. Kart. 3,60 M.

H. Buchholz, Das mechanische Potential nach Vorlesungen v. L. Boltzmann bearbeitet u. die Theorie der Figur der Erde. Zur Einführg. in die höhere Geodäsie (angewandte Mathematik). 1. Tl. Lex. 8°. XVI, 470 S. m. 137 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1908. 15 M.; geb. in Leinw. 16 M.

Handbuch der Physik. 2. Aufl. Hrsg. v. Prof. Dr. A. Winkelmann. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

V. Bd., 2. Hälfte. Elektrizität u. Magnetismus II. XIV u. S. 517—971 m. 194 Abbildgn. 1908. 16 M. — V. Bd. vollständig: 32 M.; geh. in Halbleinw. 34 M.

L. Klepert, Grundriß d. Differential- u. Integral-Rechnung. II. Tl. Integral-Rechnung. 9., verb. u. verm. Aufl. d. gleichnam. Leitfadens von M. Stegemann. gr. 8°. XXIII, 738 S. m. 153 Fig. Hannover, Helwing 1908. 12,50 M.; geh. 13,50 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Mai 1908.** Fünftes Heft.

Beschreibung von zwei neuen Raumwinkelmessern.

Von

L. Weber in Kiel.

In *dieser Zeitschr. 4. S. 343. 1884* habe ich einen Raumwinkelmesser beschrieben, der seither vielfache Anwendung gefunden hat und dazu bestimmt ist, ein Maß für diejenige Beleuchtungsstärke zu schaffen, welche ein horizontaler Tischplatz von dem direkt auf ihn fallenden Himmelslicht erhält. Gegen das Prinzip dieses Apparates ist zuerst von Hrn. Mehmcke[1]) der Einwand erhoben, daß der Apparat nur dann genau richtige Maße ergebe, wenn die mit demselben gezeichneten hellen Himmelsflächen unendlich kleine Ausdehnung hätten, oder mit andern Worten: wenn man den Raumwinkel des von einem Tischplatze aus sichtbaren Himmelsstückes messen und durch Multiplikation mit dem Sinus des Elevationswinkels der Lichtstrahlen reduzieren wolle, so müsse man sich die helle Fensterfläche in sehr viele kleinste Stückchen eingeteilt denken, sodann für jedes Stück gesondert den Raumwinkel messen und mit seinem zugehörigen Sinus multiplizieren und erst jetzt alle reduzierten Werte summieren, falls ein genau richtiges Resultat herauskommen solle. Ich bin mir bereits bei meiner ersten Veröffentlichung über dieses Postulat völlig klar gewesen und glaubte das auch genügend deutlich ausgesprochen zu haben. Zugleich habe ich aber angenommen, daß die Fehler, die man begeht, wenn man gleich das ganze Fensterbild oder wenigstens einen großen Teil desselben mit einem Male aufzeichnet und einen mittleren Elevationswinkel zur Reduktion benutzt, nicht so groß seien, daß sie bei den Anwendungen des Apparates wesentlichen Einfluß hätten. In der Tat handelt es sich bei der Ausmessung der vom Tageslicht herrührenden Beleuchtungsstärke von Tischplätzen um Unterschiede, die nach Hunderten von Prozent gehen, sodaß ein Fehler von ganz wenigen Prozent praktisch mit Fug und Recht vernachlässigt werden kann. Der erhobene prinzipielle Einwand hat daher auch der Anwendung des von der Firma Fr. Schmidt & Haensch in Berlin hergestellten Apparates keinen Eintrag getan. Dagegen wird diese Anwendung mitunter durch ganz andere Umstände eingeschränkt oder unmöglich gemacht. Wenn nämlich in einem vom Tageslicht erleuchteten Raum helle Vorhänge dauernd vor den Fenstern hängen, oder wenn die Fenster aus Mattglas, Kathedralglas, Luxferprismen u. dgl. bestehen, so verliert die Messung des Raumwinkels überhaupt ihre Bedeutung. In diesen Fällen läßt sich eine ziffernmäßige Bewertung der Lichtverhältnisse eines bestimmten Platzes nur noch dadurch ermöglichen, daß man die Beleuchtungsstärke nach Meterkerzen mißt und unmittelbar darauf bei geöffnetem Fenster die gerade vorhandene Flächenhelligkeit des Himmels photometrisch bestimmt. Wenn man

[1]) *Zeitschr. f. Math. u. Phys. 40. S. 41—57. 1893.*

dann, was freilich erst durch neuere Untersuchungen möglich ist, die Veränderung der Himmelshelligkeit nach Himmelsrichtungen, Tages- und Jahreszeiten hinzunimmt, so gewinnt man ein Maß für die durchschnittlich zu erwartende Platzhelligkeit des untersuchten Tisches. Ich gehe auf diese Aufgabe hier nicht weiter ein.

Bei etwas veränderter Fragestellung läßt sich indessen auch dann, wenn die bisherige Raumwinkelmessung nicht angängig ist, eine anderweitige Zahlenangabe in ähnlich einfacher Weise ermöglichen. Freilich muß man nun daraufverzichten, die verschiedenen Plätze eines und desselben Zimmers einzeln auszuwerten. Man muß sich darauf beschränken, Zahlen aufzusuchen, die das Zimmer im ganzen kennzeichnen.

Hierzu eignet sich, wie ich glaube, in erster Linie die Angabe derjenigen Beleuchtungsstärke, welche das direkte Himmelslicht in der Ebene der Fenster hervorruft. Dieselbe wird ebenso wie diejenige der Tischplätze berechnet, indem man die Flächenhelligkeit des Himmels mit dem auf die Fensterebene reduzierten Raumwinkel des vom Fenster aus sichtbaren freien Himmels multipliziert. Der Unterschied besteht nur darin, daß man nicht den Elevationswinkel der einfallenden Strahlen von der Horizontebene aus, sondern den Neigungswinkel derselben gegen die Fensterebene aufzusuchen hat und mit dem Sinus dieses Winkels oder, was dasselbe ist, mit dem Kosinus des Inzidenzwinkels den räumlichen Winkel multiplizieren muß. Die Berücksichtigung der variabelen Flächenhelligkeit des Himmels spielt hier dieselbe Rolle wie bei den Tischplätzen.

Multipliziert man dann die so gefundene Beleuchtungsstärke der Fenster mit der Flächengröße der Glasscheiben, so ergibt dies den Lichtstrom, der in die Fensteröffnung hineinfintet. Setzt man dann noch diesen gesamten Lichtstrom in Beziehung zu den Größenverhältnissen des Zimmers, also z. B. zu seiner Bodenfläche, so muß dadurch eine summarische Kennzeichnung des betreffenden Zimmers gegeben sein. Beleuchtungsstärke der Fensterebene, Größe der Fensterglasfläche und Bodenfläche sind somit drei Daten, welche zusammengenommen einen Maßstab für die Tagesbeleuchtung des Zimmers ergeben.

Man kann diese drei Daten in eine einzige Zahl P zusammenziehen etwa in folgender Weise: man denke sich ein ebenes Flächenelement von einer darüber liegenden gleichmäßig hellen Halbkugel beleuchtet. Dann wird herkömmlich dieser Fall als die „vollkommene" Beleuchtung jenes Elementes bezeichnet. Dementsprechend ist die Beleuchtung eines Elementes der vertikalen Fensterebene durch einen Himmel mit gänzlich freiem Horizont als die halbe vollkommene Beleuchtung zu bezeichnen. Diesem Falle entspricht eine Beleuchtungsstärke von $H \cdot \pi/2$, worin H die Flächenhelligkeit des Himmels ist, oder von $\pi/2$, wenn $H = 1$ gesetzt wird. Denn diese Beleuchtungsstärke würde zu berechnen sein durch $\int \cos i \cdot d\omega$, worin $d\omega$ ein Element der Kugelfläche vom Radius 1, i den Inzidenzwinkel des von $d\omega$ nach dem Fenster gezogenen Strahles bedeutet, und das Integral über den vom Fenster aus sichtbaren Himmel zu erstrecken ist. Der Wert dieses Integrals ist für die Halbkugel gleich π, also für die halbe Himmelshalbkugel gleich $\pi/2$. Ist nun der Horizont nicht frei, sondern durch Häuser oder Bäume eingeschränkt, so wird die Beleuchtungsstärke des direkten Himmelslichtes eine kleinere, da $\int \cos i \cdot d\omega$ nunmehr über ein kleineres Stück zu erstrecken ist. Drückt man diesen kleineren Wert der tatsächlichen Beleuchtungsstärke in Prozent der halben vollkommenen Beleuchtung aus, so möge diese Zahl als die *Lichtgüte* L des Fensters bezeichnet sein. Sodann ergebe die Ausmessung der Fensterglasfläche den Wert g Quadratmeter. Es wird dann $\frac{L}{100} \cdot g$ als die wegen der Licht-

güte der Fenster reduzierte Glasfläche zu bezeichnen sein, und wenn man dann schließlich die Bodenfläche des Zimmers in Qnadratmeter gleich b setzt, so erhält man in

$$P = \frac{L \cdot g}{b}$$

eine Zahl, welche die Größe der wegen Lichtgüte reduzierten Fensterfläche in Prozent der Bodenfläche angibt. Ist z. B. die Glasfläche $g = 6\ m^2$, die Bodenfläche $b = 66\ m^2$, die Lichtgüte $L = 88\,\%$, so wird $P = \frac{88 \times 6}{66} = 8$. Kurz ausgedrückt, stellt P also das noch mit der prozentualen Lichtgüte multiplizierte Verhältnis der Glasfläche zur Bodenfläche dar.

Es hat sich die Aufsuchung dieser Zahl P als sehr nützlich erwiesen bei Gelegenheit einer ausgedehnten Untersuchung der Tageslichtverhältnisse der Kieler Schulen, über die an anderem Orte berichtet werden wird. Es zeigte sich, daß zwischen P und den Platzhelligkeiten bestimmter Tischplätze im Durchschnitt vieler Klassenzimmer einfache Proportionalitäten bestehen, sodaß nun auch für solche Klassen, in denen keine Lichtmessungen gemacht waren, aus dem Werte von P ein einigermaßen zutreffender Schluß auf die durchschnittlichen Platzhelligkeiten gemacht werden konnte. Der durch die Zahl P gegebene Maßstab erscheint daher auch sehr wohl geeignet, in dem Rahmen der allgemeinen baupolizeilichen Vorschriften an die Stelle der hier in der Regel nur geforderten Beziehungen zwischen Fensterglasfläche und Bodenfläche zu treten und diesem bisherigen baupolizeilichen Maßstab eine sehr wesentliche und verhältnismäßig einfache Verschärfung zu geben.

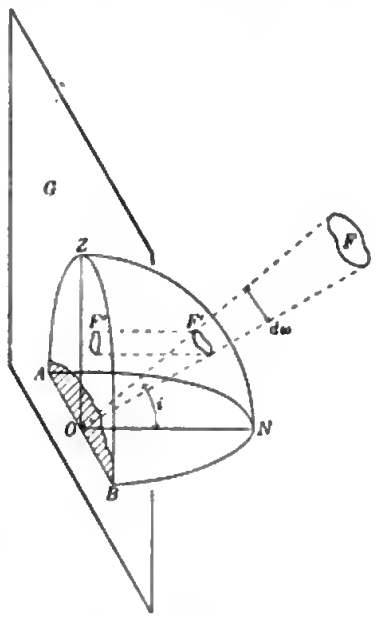


Fig. 1.

Was nun die Ermittelung von P betrifft, so ist außer den beiden einer weiteren Erklärung nicht bedürftigen Größen b und g eine Bestimmung der Lichtgüte L erforderlich. Es hängt L von der Lage und Gestalt der gegenüberliegenden Häuser ab und kann in besonders einfachen Fällen auf Grund der Situationspläne rechnerisch oder konstruktiv ermittelt werden. Im allgemeinen ist es jedoch bequemer, die Lichtgüte L durch ein der Raumwinkelbestimmung auf Tischplätzen analoges zeichnerisches Verfahren aufzusuchen. Den bisherigen Raumwinkelmesser hierzu zu benutzen, würde aber prinzipiell bedenklich und jedenfalls sehr unbequem sein. Denn man müßte den kleinen Apparat von außen gegen die Fensterscheiben setzen, in sehr unbequemer, oft unmöglicher Stellung zeichnen und außerdem die Aufnahme des über die halbe Halbkugel sich erstreckenden Raumwinkels in sehr vielen Abschnitten machen, um dem eingangs genannten Einwande gehörig Rechnung zu tragen. Aus diesem Grunde habe ich einen total abgeänderten und der vorliegenden Aufgabe angepaßten neuen Apparat konstruiert, dessen Beschreibung hier folgt.

Zur geometrischen Erläuterung der gestellten Aufgabe diene Fig. 1. G ist die perspektivisch gesehene Fensterglasfläche; F sei ein beliebig umgrenztes kleines Stück der Himmelsfläche. Von dem Punkte O der Fensterfläche aus konstruiere man den räumlichen Winkel $d\omega$. Um den Punkt O als Mittelpunkt denke man sich eine Kugel-

fläche gezeichnet. In Fig. 1 ist nur der vierte Teil derselben gezeichnet, da nur dieser in Betracht kommt. Die Perspektive ist so zu denken, daß $OAZB$ in der Ebene des Fensters liegt und ON die Normale der Fensterebene ist. Der Raumwinkel $d\omega$ schneidet dann aus der Kugelfläche das Stück F' heraus, welches gleich $d\omega$ ist, wenn der Kugelradius gleich 1 ist. Projiziert man nun F' auf die Basisfläche AZB, so ist die Projektionsfläche F'' offenbar gleich $F' \cdot \cos i$, wenn i der Inzidenzwinkel der von F nach der Fensterfläche geworfenen Lichtstrahlen ist; $d\omega \cdot \cos i$ ist aber diejenige Beleuchtungsstärke, welche das in O gelegene Fensterelement von der Fläche F aus erhält. F'' ist demnach das von F herrührende Maß der Beleuchtungsstärke. Man sieht nun sofort, daß im Falle eines völlig freien Horizontes alle die einzelnen Teile F der Himmelsfläche, in derselben Weise behandelt, insgesamt die Halbkreisfläche AZB ergeben, welche daher das Maß der halben vollkommenen Beleuchtung ist oder den Wert $\pi/2$ besitzt. Wenn dagegen der Horizont nicht frei ist infolge gegenüberliegender Häuser, so werden die freigebliebenen Stücke des Himmels in ihrer Gesamtheit eine Figur ergeben, welche etwa dem nicht schraffierten Teile der Fläche AZB entspricht. Das Maß der wirklichen Beleuchtungsstärke von O ist daher diese nicht schraffierte Fläche. Mißt man sie also mit derselben Flächeneinheit aus, mit der man auch die Halbkreisfläche AZB ausmißt, und drückt sie in Prozent der letzteren aus, so hat man die gesuchte Lichtgüte L. Die gestellte Aufgabe wird somit gelöst durch eine Zentralprojektion der sichtbaren Himmelsfläche auf eine Kugel und durch abermalige rechtwinklige Projektion auf die (in der Fensterebene liegende) Basisfläche der Kugel. Diese beiden Operationen lassen sich nun von dem etwa als *Projektionssphärographen* zu bezeichnenden Apparat direkt ausführen.

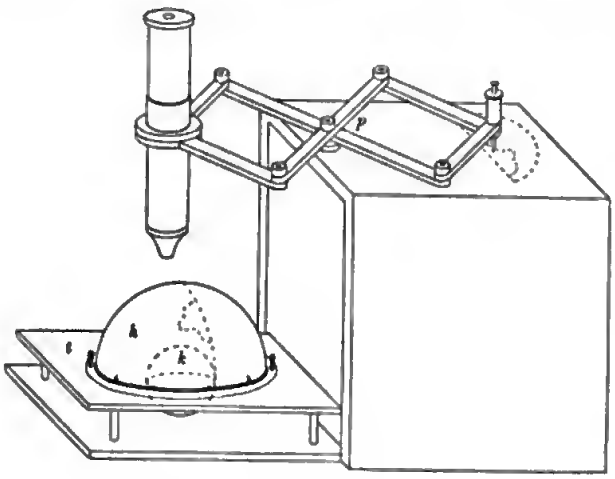


Fig. 2.

Derselbe besteht (Fig. 2) aus einer halbkugeligen, außen mattgeschliffenen Glasschale h, welche auf einem kleinen, mit vier Beinen versehenen Tischchen t befestigt ist. Konzentrisch mit der etwa 10 *cm* im Durchmesser haltenden Halbkugel sitzt eine kleinere mit Wasser gefüllte gläserne Vollkugel k. Dieselbe wirkt nach dem Prinzip der Schusterkugel als Linse mit beliebig großem Öffnungswinkel und ist so bemessen, daß die durch sie abgebildeten fernen Gegenstände in die Oberfläche der matten Kugelschale fallen. Man setzt nun das Tischchen mit seinen Beinen gegen die innere Seite der Fensterscheibe und sieht dann auf der matten Fläche ein hinreichend deutliches und lichtstarkes Bild der Umrißlinien des freien Himmels. Die letzteren zeichnet man mit Bleifeder nach. Einem freien Horizonte würde ein größter Kreis der Halbkugel entsprechen. Diese Operation ist in wenig Augenblicken beendet. Nunmehr setzt man das Tischchen unter den in Fig. 2 gezeichneten Pantographen p. Derselbe trägt auf der einen Seite an Stelle des sonst vorhandenen Markierstiftes eine Distanzlupe mit Fadenkreuz, auf der andern den Schreibstift. Geht man nun mit dem Fadenkreuz längs der mit Bleifeder gezeichneten Umrißlinie des Himmels, so beschreibt

der Stift offenbar eine Figur, welche genau die Projektion der auf der Halbkugel befindlichen Zeichnung auf die Basisfläche jener darstellt. Im Falle des freien Horizontes würde diese Projektionsfigur eine Halbkreisfläche sein, deren Durchmesser dem Horizont entspricht. Sind Häuser vorhanden, so erhält man ein Bild, wie es in Fig. 1 die Fläche $OAZB$ zeigt. Bei passend gewählter Größe der Mattkugel ($r = 5{,}64\ cm$) mißt die ganze Halbkreisfläche AZB genau 50 cm^2. Macht man also die Projektion direkt auf Millimeterpapier, und findet man die Fläche, die dem freigebliebenen Himmel entspricht, etwa gleich $n\ cm^2$, so ist die gesuchte Lichtgüte

$$L = \frac{n}{50} \cdot 100 = 2n.$$

Dies Verfahren ist im Prinzip völlig exakt und unterliegt nicht dem eingangs besprochenen Einwande. Aber es zeigt sich bei der Anwendung eine Schwierigkeit, die nicht unerörtert bleiben möge. Setzt man nämlich das Tischchen gegen die Innenseite einer Fensterscheibe, so erscheinen die Kanten der das Fenster einrahmenden Mauervorsprünge an beiden Seiten und oben etwa so, wie es in den Fig. 3 u. 4 dar-

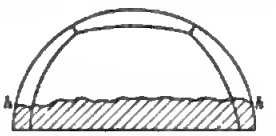


Fig. 3.

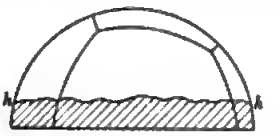


Fig. 4.

gestellt ist. Die geraden Linien dieser Kanten sind beiläufig Ellipsenbögen. Ihre Lage auf dem Bild hängt nun sehr merklich davon ab, ob der Apparat genau in der Mitte des Fensters (Fig. 3) oder seitlich von der Mittellinie (Fig. 4) angelegt wird, und diese von den Mauervorsprüngen herrührenden Teile der Halbkreisfläche sind insgesamt um so größer, je näher man der Seite des Fensters kommt. In der Tat ist ja auch die Beleuchtungsstärke eben wegen dieser Vorsprünge für jeden Punkt der Fensterfläche eine andere. Man vermeidet nun die hieraus entspringende Unbestimmtheit, indem man zunächst die Mauervorsprünge ganz unbeachtet läßt und die Umrißlinien, wie in den Fig. 3 u. 4 angedeutet ist, an den Stellen h glatt bis an den Rand der Halbkreisfläche nach Schätzung durchzieht. Die von gegenüberliegenden Dachkanten herrührenden Linien bleiben wegen ihres größeren Abstandes unberührt von der spezielleren Auflegestelle des Apparates, sodaß, wenn man diesen nur angenähert in die Mitte des ganzen Fensters bringt, auch die für das ganze Fenster zu rechnende mittlere Lichtgüte richtig herauskommt. Die vernachlässigten Mauervorsprünge lassen sich dann rein rechnungsmäßig als Korrektion hinzufügen. Auf die Art einer solchen Rechnung soll hier nicht gleich näher eingegangen werden. Nur sei erwähnt, daß die Korrektion für gewöhnliche Fenster einen je nach der Größe der Vorsprünge und je nach ihrem seitlichen Abstand von der Verglasungsfläche auf 3 bis 10 % zu veranschlagenden Betrag ausmacht. Um so viel ist also dann die mit dem Apparat ermittelte Lichtgüte zu verringern. Schließlich sei noch erwähnt, daß sich die Bleifederstriche auf der Mattkugel leicht mit Gummi wieder abreiben lassen, und daß sich das Tischchen mit den Glaskugeln sowie der Pantograph in den Kasten verpacken lassen, der in Fig. 2 als Träger des letzteren dient.

Die gleiche Aufgabe, wie sie mit Hülfe des eben beschriebenen Projektionssphärographen gelöst wird, läßt sich nun auch mit Hülfe eines Universal-Raumwinkelmessers behandeln, den ich unter Benutzung der von Hrn. Medizinalrat

Moritz[1]) angegebenen eleganten Idee habe anfertigen lassen. Zur Verdeutlichung der Wirkungsweise denke man sich (Fig. 5) in dem Punkte O der Fensterfläche eine um O drehbare, nach allen Richtungen hin einstellbare Schiene OF und markiere auf derselben einen beliebigen Punkt S. Der durch rechtwinklige Projektion auf die Fensterfläche gewonnene Fußpunkt von S sei M. Bewegt man nun OF derart, daß dieser Leitstrahl längs der Umrißlinien des freien Himmels geführt wird, so muß der Punkt M auf der Fensterebene dieselbe Figur beschreiben, wie sie durch das doppelte Projektionsverfahren mit dem Sphärographen erzielt ist. Der völlig freie Himmel würde die Halbkreisfläche AZB ergeben vom Radius $OS = OB = OA = OZ$. Denkt man sich weiter eine zweite bewegliche Schiene um S drehbar von der Länge $SN = SO$, und läßt man den Endpunkt N in der Fensterebene bleiben, so ist NSO ein gleichschenkliges Dreieck, und man sieht, daß N jetzt dieselbe nur auf das Doppelte vergrößerte Figur wie M beschreiben muß. Ferner ersieht man aus Fig. 5, daß durch rückwärtige Verlängerung des Leitstrahles nach der Innenseite des Fensters, durch Fixierung eines Punktes S' auf demselben und durch symmetrische Konstruktion von $OS'M'$ bezw. $OS'N'$ auf der Rückseite die entsprechenden Figuren des freien Himmelsstückes entstehen müssen. Hiernach wird Fig. 6 verständlich sein.

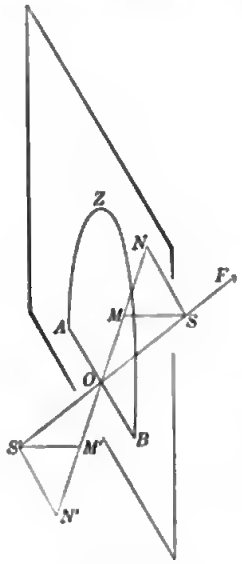


Fig. 5.

In ein Zeichenbrett a ist ein flacher, in einer Metallplatte drehbarer Ring b eingesetzt, der sich in sich selbst dreht. Um eine einem Durchmesser dieses Ringes parallele und mit dem Ring festverbundene Achse dreht sich ein Doppelgestänge $c\,d$, welches zwei weitere mit der genannten parallele Drehachsen, nämlich zwischen c und d und am Ende von d, besitzt. Die Stangen c und d sind gleich lang und bilden ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Basis in der Zeichnungsebene liegt. Mit den Stangen c ist ein Fernrohr e derart fest verbunden, daß seine Visierlinie stets in die in der Ebene der Stangen c liegende, mit ihnen parallele Mittellinie fällt und durch den Mittelpunkt (O) der auf dem Ring befindlichen Achse hindurchgeht. Der Bequemlichkeit wegen ist das Fernrohr durch ein vor das Objektiv gesetztes Reflexionsprisma geknickt. Das Fassungsstück g für das letztere ist fest mit den Schienen c verbunden. Die Enden der Schienen d sind durch ein in Scharnieren drehbares Knopfstück f miteinander in Verbindung. In der Mitte des letzteren befindet sich der Zeichenstift h.

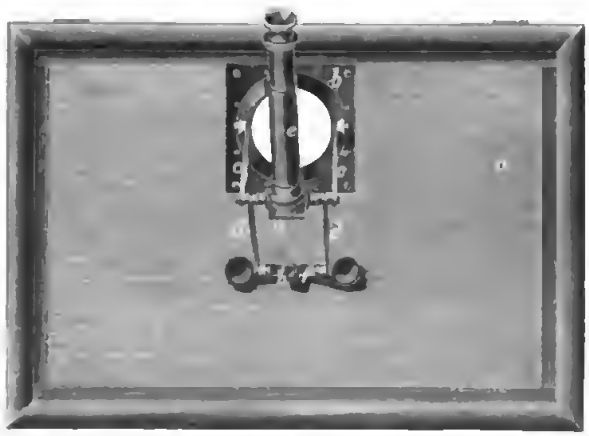


Fig. 6.

Zum Gebrauche legt man das Zeichenbrett an die Innenfläche des Fensters, drückt mit zwei Fingern das Knopfstück f gegen das mit Millimeterpapier oder

[1]) M. Moritz, Über die Tagesbeleuchtung der Schulzimmer. *Sonderabzug aus dem Klinischen Jahrbuch* **14**. *1905. Jena, G. Fischer. 16 S.*

Digitized by Google

anderweitig karriertem Papier bespannte Zeichenbrett und folgt nun mit dem Fernrohre den Umrißlinien der gegenüberliegenden Dachkanten. Der Zeichenstift beschreibt alsdann die oben besprochenen Figuren. Ist völlig freier Himmel vorhanden, so würde man mit dem Fernrohr längs des Horizontes gehen, was eine gerade durch O hindurchgehende Linie ergibt, und sodann längs des größten in die Fensterebene fallenden Kreises, eventuell längs der Mauervorsprünge, was dann die über jener Geraden liegende Halbkreisfläche ergibt. Die Dimensionen des Gestänges sind so gewählt, daß diese Halbkreisfläche 500 cm^2 groß ist, entsprechend einer Schienenlänge $c = d = 8{,}92$ cm.

Nachdem die Zeichnung gemacht ist, wird die dem freien Himmel entsprechende Fläche derselben nach Quadratzentimeter ausgezählt und möge n cm^2 ergeben. Dann ist die gesuchte Lichtgüte des Fensters

$$L = \frac{n}{500} \cdot 100 = n \cdot 0{,}2\,\%.$$

Bei der Ausführung stößt man auch hier wieder auf dieselbe Schwierigkeit bezüglich der Mauervorsprünge des Fensters. Man umgeht dieselbe ebenso, wie oben ausgeführt ist. Eine Unbequemlichkeit tritt außerdem in den Fällen ein, in denen die Umrißlinie des freien Himmels in der zum Fenster senkrechten Richtung nahe an den Horizont herangeht. Die diesen Teilen entsprechende Zeichnung fällt dann nämlich auf die Ringfläche, sodaß sie hier eine Lücke erhält, die freilich durch ein freihändiges Verfahren mit meist genügender Annäherung ausgeglichen werden kann. Man kann also im allgemeinen auch mit diesem Apparat die Lichtgüte der Fenster bestimmen. Die Bequemlichkeit des Verfahrens ist aber eine geringere, als die mit dem Sphärographen, da die Führung des Fernrohrs eine besondere Einübung verlangt, und auch die unverrückte Gegenlage des Zeichenbrettes gegen das Fenster nicht so bequem ist. Andererseits kann man mit diesem Apparat seiner größeren Dimensionen wegen den Details der Zeichnung, wenn dies notwendig sein sollte, genauer folgen als mit dem Sphärographen. Bei den oben erwähnten Schulzimmer-Messungen habe ich vorzugsweise den letzteren zur Bestimmung der Lichtgüte benutzt.

Dagegen hat sich der modifizierte Moritzsche Apparat vorzüglich bewährt bei der Ausmessung des Raumwinkels der Tischplätze. Um denselben für diesen Zweck benutzen zu können, bedarf es nämlich nur einer leicht zu bewerkstelligenden kleinen Ummontierung. Das Fernrohr e wird mit dem Gestänge c so verbunden, daß die Sehrichtung längs der Mittellinie von c gerade in entgegengesetzter Richtung läuft. Zu diesem Zwecke schraubt man das Fernrohr e samt seinem Reflexionsprisma aus dem Fassungsstück g heraus und setzt es in dieses von der entgegengesetzten Seite wieder ein. Die Sehrichtung geht nun nicht mehr wie früher durch die ringförmige Aussparung hindurch, sondern bleibt auf derselben Seite des Zeichenbrettes. Legt man das letztere demnach auf eine horizontale Tischfläche, und geht man mit dem Fernrohr längs der Konturen der den freien Himmel begrenzenden Fensterlinien und Dachkanten, so erhält man eine Figur, deren Flächengröße ein Maß des „reduzierten Raumwinkels“ ist, d. h. die Beleuchtungsstärke des horizontalen Tischplatzes angibt, sofern diese nur von dem direkten Himmelslicht herrührt und auf eine gewisse Himmelshelligkeit bezogen ist. In Fig. 7 ist diese Montierung des Apparates dargestellt.

Es ist üblich, den reduzierten Raumwinkel nach Quadratgrad anzugeben, und es wird daher erforderlich sein, die Beziehung dieses Maßes zu dem mit dem neuen Apparat erhaltenen Maße zu kennen. Nehmen wir an, daß der Tischplatz „vollkommen“ beleuchtet wäre, daß er also etwa auf dem flachen Dache läge. Dann ist die Zahl

Digitized by Google

der Quadratgrade der halben Himmelskugel gleich 20626 und reduziert (was in diesem Fall genau die Hälfte ergibt) gleich 10313. Wenn man in diesem Falle mit dem neuen Apparate die Zeichnung gemacht hätte, so würde man eine Kreisfläche bekommen, die bei den oben angenommenen Dimensionen 1000 Quadratzentimeter beträgt und dem von Chr. Wiener[1]) vorgeschlagenen Beleuchtungsraum entspricht, der für „vollkommene" Beleuchtung gleich 1000 gesetzt ist. Demnach entsprechen 10,313 reduzierte Quadratgrad 1 Quadratzentimeter der mit dem Apparat aufgenommenen Zeichnung.

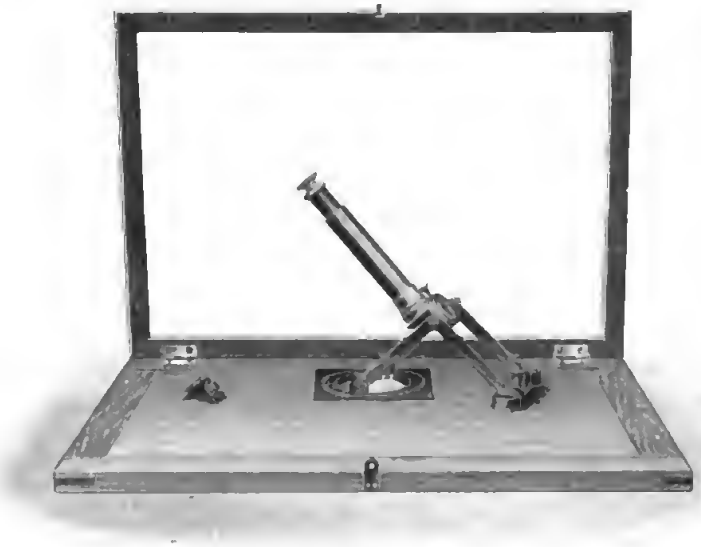


Fig. 7.

Für einen in der Mitte des Zimmers gelegenen Tischplatz, der vielleicht 100 bis 200 reduzierte Quadratgrad gibt, wird die mit dem neuen Apparat aufgenommene Zeichnung demnach 10 bis 20 cm^2 groß und nimmt daher nur einen kleinen Teil des etwa 40×25 cm großen Zeichenbrettes ein. Wenn man nun für jeden Platz eine frische Bespannung des ganzen Zeichenbrettes mit Millimeterpapier machen wollte, so würde das eine recht große Papierverschwendung sein. Bei der hier durchgeführten Massenuntersuchung, die sich auf mehrere hundert Tischplätze erstreckte, wurde anders verfahren. Nachdem der Apparat auf nivellierter horizontaler Unterlage seine feste Aufstellung erhalten, wurde diejenige Stelle des Zeichenbrettes, auf welche nach Schätzung die Fensterfigur fallen mußte, mit einem weißen, an den Rändern gummierten kleinen Blatte beklebt, und es ist dann die entstandene Zeichnung mit dem Planimeter ausgemessen worden, was schneller und bequemer geht, als die Auszählung der Millimeterquadrate.

Dieser neue modifizierte Moritzsche Apparat und der oben beschriebene Projektionssphärograph werden von Hrn. H. Heustreu in Kiel, Schumacherstr. 9, angefertigt.

[1]) Chr. Wiener, Lehrbuch der darstellenden Geometrie. *S. 401 u. flgde.*

Über die lineare Ausdehnung der Skalengläser bei höheren Temperaturen.

Von

H. F. Wiebe und G. Moeller.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer früheren Mitteilung hat der eine von uns[1]) über die lineare Ausdehnung der Skalengläser bei Einschlußthermometern in Temperaturen zwischen 0° und 100° berichtet. Zu den diesbezüglichen Versuchen wurden thermometerähnliche Instrumente benutzt, bei denen die Unterschiede in der Ausdehnung des Thermometer- und des Skalenglases an einer auf der Rückseite der Kapillarröhre angebrachten Strichmarke gemessen wurden. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die beiden Jenaer Thermometergläser 16^{III} und 59^{III} und auf vier verschiedene Skalengläser. Wir haben seither diese Versuche mit denselben (von C. Richter in Berlin verfertigten) Instrumenten für Temperaturen bis 300° fortgeführt und geben nachstehend die Resultate, aus denen sich die Unterschiede zwischen den Angaben fundamental bestimmbarer Stab- und Einschlußthermometer aus der gleichen Glassorte für höhere Temperaturen mit großer Sicherheit feststellen lassen.

Um die in Rede stehenden Ausdehnungsunterschiede zu bestimmen, wurde die Lage der Strichmarke gegen die Teilung auf dem Skalenstreifen beim Eintauchen der Instrumente in Eis, in Dampf von Wasser, Methylbenzoat und Phenylxylyläthan abgelesen. In Eis und in Wasserdampf tauchten die Instrumente ganz ein und wurden nur zur Ablesung emporgezogen, bei den anderen Flüssigkeiten befanden sich die Instrumente bis 25 *mm* unterhalb der Strichmarke im Dampf. Die mitgeteilten Zahlen sind Mittelwerte aus je drei Beobachtungen.

Röhre aus Glas	Skalenglas von	Länge mm	Lage der Strichmarken in mm			
				in Dampf von		
			in Eis 0°	Wasser 99,62°	Methylbenzoat 199,57°	Phenylxylyläthan 297,73°
16^{III}	Grosse	603	0,000	— 0,028	— 0,072	— 0,124
59^{III}	„	603	+ 0,074	— 0,116	— 0,308	— 0,519
„	Küchler	606,5	+ 0,070	— 0,123	— 0,322	— 0,538
„	Steinmann	607,5	+ 0,124	— 0,065	— 0,251	— 0,460
„	Spinn & Mencke	608	+ 0,127	— 0,048	— 0,229	— 0,440

Berücksichtigt man die kleinen Korrektionen für den herausragenden Teil der Instrumente und interpoliert auf die runden Temperaturen 100°, 200°, 300°, so ergeben sich folgende Ausdehnungsunterschiede der Skalengläser gegen die Thermometergläser in *mm*:

Röhre aus Glas	Skalenglas von	für das Temperaturintervall von 0° bis		
		100°	200°	300°
16^{III}	Grosse	0,028	0,075	0,130
59^{III}	„	0,190	0,399	0,622
„	Küchler	0,193	0,409	0,638
„	Steinmann	0,189	0,391	0,613
„	Spinn & Mencke	0,175	0,372	0,595

[1]) H. F. Wiebe, Über die Korrektion für die Skalenausdehnung bei Einschlußthermometern. *Arch. néerlandaises des sciences exactes et naturelles* **6**. *S. 323. 1901; diese Zeitschr.* **21**. *S. 350. 1901.*

Die Werte für 100° stimmen mit den früher (1901) ermittelten bis auf wenige tausendstel Millimeter überein.

Die lineare Ausdehnung des Skalenglases β berechnet sich nach der Formel

$$\beta = \alpha + \frac{k}{n\,t},$$

worin α die lineare Ausdehnung des Thermometerglases, n die Länge des sich ausdehnenden Glasrohres und Skalenstreifens, k den für t Grad beobachteten Ausdehnungsunterschied bedeuten. Unter Zugrundelegung der von Thiesen und Scheel bestimmten Werte für die Ausdehnung der Gläser 16^{III} und 59^{III} ergeben sich dann für die Skalengläser die nachfolgenden Ausdehnungen:

Röhre aus Glas	Skalenglas von	für das Temperaturintervall von 0° bis		
		100°	200°	300°
16^{III}	Grosse	0,0008537	0,0018090	0,0028475
59^{III}	„	9076	18957	29560
„	Küchler	9107	19084	29764
„	Steinmann	9036	18776	29336
„	Spinn & Mencke	8803	18458	29031

Die Bestimmung mit der Röhre aus Glas 16^{III} ergibt für die Ausdehnung des Skalenglases Werte, die etwa 5% kleiner als die übrigen sind, was aber wegen der Kleinheit der beobachteten Größen nicht ins Gewicht fällt. Bei den andern Reihen zeigen sich auch systematische Unterschiede, die zweifellos in der Verschiedenheit der Ausdehnung der benutzten Skalengläser begründet sind, allein sie sind für die vorliegenden Zwecke ebenfalls so unerheblich, daß man unbedenklich für die Ausdehnung des gebräuchlichen Skalenglases die mittleren Werte aus den vier letzten Reihen annehmen kann. Danach beträgt die Ausdehnung des gebräuchlichen Skalenglases pro Einheit

zwischen	0°	und 100°	0,0009006
„	0°	„ 200°	18819
„	0°	„ 300°	29423.

Ausgeglichen ergibt sich für die Ausdehnung des Skalenglases

$$\beta_t = 10^{-6}\left[860{,}8\,\frac{t}{100} + 40{,}0\left(\frac{t}{100}\right)^2\right].$$

Der Faktor des quadratischen Gliedes ist nur halb so groß, als er bisher von Gumlich und Scheel und auch von Wiebe angenommen wurde, was aber besser mit den bei andern Glassorten gefundenen Werten übereinstimmt.

Wendet man nun die aus dieser Formel resultierenden Ausdehnungswerte auf die von Thiesen in den *Metron. Beitr. Nr. 3* entwickelte Formel für die Differenz zwischen den Angaben des Einschluß- (t') und des Stabthermometers (t) an, nämlich

$$t' - t = T(100 - T)\,[(S - K) + (s - k)\,T],$$

so ergeben sich unter Zugrundelegung der bekannten Ausdehnung für die beiden Jenaer Thermometergläser nachstehende Unterschiede zwischen den Angaben der beiden verschiedenen Thermometertypen; hierin bedeuten T die Temperatur, S und K die mittlere lineare Ausdehnung von Skale und Kapillare zwischen 0° und 100°, sowie s und k die Koeffizienten der Änderung dieser Ausdehnungen S und K mit der Temperatur.

Digitized by Google

Grad	$t' - t$	
	16^{III}	59^{III}
100	0,00°	0,00°
150	— 0,01	— 0,02
200	— 0,02	— 0,07
250	— 0,04	— 0,13
300	— 0,07	— 0,21
350	— 0,10	— 0,32
400	— 0,14	— 0,44
450		— 0,60
500		— 0,77

Um vorstehende Beträge stehen die Einschlußthermometer *niedriger* als die Stabthermometer aus gleicher Glassorte. Während in den Temperaturen zwischen 0° und 100° die Einschlußthermometer höher zeigen als die Stabthermometer, ist in den Temperaturen über 100° das Umgekehrte der Fall. Für die Thermometer aus dem Normal-Thermometerglas 16^{III} sind die Beträge nicht sehr erheblich und können wohl meistens vernachlässigt werden; für die Thermometer aus dem Borosilikatglas 59^{III}, das besonders für hohe Temperaturen geeignet ist, sind dagegen die an die Angaben der Einschlußthermometer anzubringenden Korrektionen sehr beträchtlich. Selbstverständlich sind sie nur dann zu berücksichtigen, wenn es sich um fundamental bestimmbare Thermometer handelt.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß vorstehende Betrachtungen nur für solche Einschlußthermometer gelten, bei denen nach Art der Fueßschen Skalenbefestigung die Skale sich frei nach *oben* ausdehnen kann. Für Thermometer, bei denen die Skale am oberen Ende mit dem Umhüllungsrohr verschmolzen ist, gelten andere Verhältnisse, da sich die Skale dann nach *unten* hin ausdehnt. Derartig konstruierte Einschlußthermometer werden aber für fundamentale thermometrische Untersuchungen nicht verwendet, sodaß sich ein weiteres Eingehen darauf erübrigt.

Am einfachsten für den Gebrauch der fundamental bestimmbaren Einschlußthermometer wäre es allerdings, wenn Skalengläser hergestellt würden, welche die gleiche Ausdehnung besitzen wie die Jenaer Normal-Thermometergläser.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1907.

(Fortsetzung von S. 116.)

C. Abteilung II.

Im Berichtsjahre wurden geprüft

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[1]).

1. Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.

Teilungen auf Silber und Stahl	6
Endmaße	91
Kaliber-Bolzen und -Scheiben	21
Meß- und Teilschrauben	16
darunter ein Satz Normalien für Wassermesser.	
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	27
„ anderer Tonhöhe	34
Materialien in bezug auf ihr spezifisches Gewicht	15
Umlaufgeschwindigkeitsmesser	2

[1]) Lemau, Blaschke, Rücker.

Außerdem wurden noch mehrfach Whitworth-Gewinde eingeeicht, deren Prüfung jedoch gemäß einer Übereinkunft mit der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission von vornherein zurückgewiesen wurde. Die Reichsanstalt hatte im Berichtsjahre wiederholt Gelegenheit, auf die Notwendigkeit der Anwendung der Normaltemperatur 0° auch für die Messungen der Technik hinzuweisen.

2. Längenänderungen von gehärtetem Stahl.

Es wird in der Technik als Mißstand empfunden, daß die Prüfungsscheine für Maßkörper aus gehärtetem Stahl die Bemerkung enthalten: „Die mitgeteilten Ergebnisse der Prüfung können nicht für die Dauer verbürgt werden, da Gegenstände aus gehärtetem Stahl erfahrungsmäßig noch lange Zeit nach ihrer Herstellung fortschreitenden Gestaltänderungen unterliegen.“ Die Berechtigung bezw. Notwendigkeit dieses Zusatzes ist von verschiedenen Seiten unter Hinweis auf den Umstand bestritten worden, daß diese Art von Maßkörpern allgemein einem Temperungsprozeß unterzogen wird, durch welchen, ohne die Härte herabzusetzen, eine künstliche Alterung erzielt werde, welche jene Veränderlichkeit beseitigt. Indes lassen Erfahrungen, welche an einem einer großen Fabrik gehörenden Satze von Endmaßen solcher Art gemacht worden sind, diese Behauptung als zweifelhaft erscheinen.

Die hier genannten Maßkörper sind aber amerikanischen Ursprunges, weichen ihrer Form nach von den in deutschen Fabriken hergestellten erheblich und in ungünstiger Weise ab und waren auch zur Zeit ihrer ersten Einlieferung nicht mehr neu. Sie haben sich seither in unkontrollierbaren Verhältnissen befunden und stellen endlich wegen der schlechten Beschaffenheit ihrer Endflächen für solche feinen Untersuchungen wenig geeignete Objekte dar. Es schien wünschenswert, noch eine weitere Bestätigung herbeizuführen und zu diesem Zwecke ähnliche Versuche auch an Körpern deutscher Firmen und unter besseren äußeren Umständen anzustellen.

Im Sommer 1906 wurde deshalb an eine große Anzahl deutscher Werkzeugmaschinenfabriken das Ansuchen gerichtet, der Reichsanstalt je fünf stählerne Endmaße von 10, 25, 50 und 100 *mm* Länge zu Versuchen leihweise auf mehrere Jahre zur Verfügung zu stellen. Von diesen Körpern sollten die drei kürzeren gänzlich, der längste aber nur an den Enden gehärtet sein. Die Erfüllung dieses Wunsches wurde von etwa 10 Firmen zugesagt, aber nur von dreien geleistet; von zweien in verhältnismäßig kurzer Zeit, von der dritten jedoch sehr verspätet.

Die Sätze wurden unmittelbar nach Lieferung, die beiden ersten im November 1906, der dritte im Juni 1907, einer ersten, alle drei im November 1907 einer zweiten Messung unterzogen. Die erhaltenen Ergebnisse bieten noch zu wenig charakteristisches Material, als daß sich dessen Mitteilung hier verlohnte. Sie lassen jedoch schon jetzt zweifellos eine Veränderlichkeit der Längen, und zwar im allgemeinen eine Verkürzung, erkennen, welche bei den drei gänzlich gehärteten deutlich der Länge proportionale Beträge von derselben Größenordnung aufweist. Bei den nur an den Enden gehärteten ist die Verkürzung entsprechend dem Eindringen der Härtung wesentlich geringer gefunden worden.

Wenn nun auch bereits durch diese vorläufige Feststellung der Beweis geliefert ist, daß jener Zusatz in den Prüfungsscheinen keinesfalls wegbleiben kann, so soll doch der weitere Verlauf der Änderungen durch in passenden Zeitabschnitten wiederholte Nachmessungen obiger drei Sätze verfolgt werden. Vielleicht gelingt es, wenigstens die untere Grenze des Alters festzusetzen, bei welcher die Veränderlichkeit verschwindet. Dies dürfte für die Technik bereits von erheblichem Nutzen sein.

Um bei den hierzu erforderlichen verfeinerten Messungen die Fehler zu vermeiden, welche durch eine Änderung der Neigung der Endflächen der Maßkörper gegen einander entstehen könnten, wurde für die Reinecker'sche Meßmaschine eine Einrichtung getroffen, die deren plane Meßflächen durch kuglige zu ersetzen erlaubt.

3. Stimmgabeln.

Die Anzahl der Eingänge ist gegen das Vorjahr etwas, wenn auch nicht sehr erheblich, gesunken, die zu ihrer Erledigung erforderliche Arbeit aber sehr merklich gewachsen, da unter den 34 Gabeln zu nichtmusikalischen Zwecken sich wiederum mehrere befanden, deren Prüfung wegen der Tonhöhe und Gestalt der Gabeln auf besondere Schwierigkeiten stieß.

Die Bestimmungen des spezifischen Gewichtes bezogen sich auf Kupferproben, die aus den Feuerbüchsen alter Lokomotiven entnommen waren. Eingesandt waren dieselben von der Kgl. Eisenbahn-Werkstätten-Inspektion Dortmund bezw. Essen. *4. Bestimmungen des spezifischen Gewichts.*

Die Deutschen Tachometerwerke, G. m. b. H., haben eine neue Art von Geschwindigkeitsmessern zur Prüfung eingereicht; die Konstruktion dieser Apparate beruht auf der Wirkung der Wirbelströme, welche in einer zwischen den Polen eines rotierenden permanenten Magneten drehbaren, leichten Trommel aus Aluminium erregt werden. *5. Tachometer.*

Der Vorzug dieser Art von Geschwindigkeits-Meßinstrumenten vor solchen anderer Konstruktion besteht darin, daß wegen der äußerst geringen Masse (nur etwa 2 *g*) des anzeigenden Teiles die Ablesungen selbst durch heftige Erschütterungen in ihrer Richtigkeit nicht beeinträchtigt und auch in ihrer Unsicherheit nicht wesentlich verstärkt werden. Die Instrumente sind deshalb auch zum Gebrauche auf Lokomotiven, Dampfschiffen und selbst Automobilen verwendbar. Für die Prüfung solcher Apparate sind bereits ausreichende Hülfsmittel vorhanden.

Die Firma R. Watts & Son in London hat einen Teilmaschinenkreis von 55 *cm* äußerem Durchmesser eingereicht, dessen Unterbringung auf dem Kreisuntersuchungsinstrument von Wanschaff seiner Größe wegen nicht mehr möglich war. Um die Prüfung nicht aus diesem Grunde ablehnen zu müssen, ist die Kreisteilmaschine von Wanschaff durch Ausrüstung mit den dazu erforderlichen Hülfseinrichtungen, deren Herstellung in der Werkstatt der Reichsanstalt erfolgt ist, für diese Arbeit nutzbar gemacht worden. *6. Kreisteilungen.*

Der Transversalkomparator des Laboratoriums wurde von Scheel und Heuse zur Bestimmung der thermischen Ausdehnung des Platins bei sehr tiefen Temperaturen benutzt (vgl. *S. 108*) und im Anschluß an die Mitteilung der dabei erhaltenen Ergebnisse auf der Naturforscherversammlung in Dresden an der Hand von Projektionsbildern vorgeführt (Anh. Nr. 28). *7. Transversal-Komparator.*

II. Elektrische Arbeiten.

Die im Jahre 1907 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

A. Starkstrom-Laboratorium[1]).

1. Übersicht der Prüfungsarbeiten.

	Anzahl
I. Meßapparate.	
a) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	62
„ Stromstärke	55
„ Spannung und Stromstärke	19
„ Leistung	39
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	109
b) Mit ein- oder mehrphasigem Wechselstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	9
„ Stromstärke	9
„ Leistung	40
„ Arbeit (einphasiger Wechselstrom)	21
„ Arbeit (mehrphasiger Wechselstrom)	87
c) Sonstige Meßapparate.	
Vorschaltwiderstände	22
Nebenschlußwiderstände (für starke Ströme)	2
Kondensatoren	21
Wellenmesser (für drahtlose Telegraphie)	12
II. Motoren und Transformatoren.	
Wechselstrom- und Drehstrommotoren	3

[1]) Orlich, Disselhorst, Reichardt, Günther Schulze, Gisbe, Hugo Schultze, Schering, Lindemann, Schmiedel, Schmidt.

III. Isolationsmaterialien und Installationsgegenstände.

	Anzahl der untersuchten Sorten
Feste Isolationsmaterialien	36
Preßspan und Kabelpapier	22
Lacke	11
Transformatorenöle	8
Isolatoren	5
Kabel und Drahtleitungen	8
Schalter	1
Sicherungen	2
Fassungen für Lampen und Sicherungen, Isolierzangen und Ähnliches	10

IV. Sonstiges.

Selbstinduktion und Kapazität von Kabeln	1
Wechselstrommeßbrücke	1

Außerdem wurden die experimentellen Arbeiten für die Systemprüfungen von 5 Zählersystemen sowie 3 Ergänzungsprüfungen abgeschlossen. Die Arbeiten für eine größere Zahl weiterer Systemprüfungen sind noch im Gange.

Um die Art der zur Prüfung zugelassenen Gegenstände und den Umfang ihrer Prüfung in den verschiedenen elektrischen Laboratorien der II. Abteilung übersichtlich erkennen zu lassen, ist eine „Bekanntmachung über die Prüfung von Apparaten und Materialien für elektrische Zwecke" in Bearbeitung. Die Bekanntmachung wird, um vielfach geäußerten Wünschen der Interessenten entgegenzukommen, als Anhang eine Gebührenordnung für die häufiger zur Prüfung eingesandten Apparate und Materialien enthalten und die veraltete Bekanntmachung des Jahres 1889 ersetzen.

2. Erweiterung des Laboratoriums[1]. Die im Tätigkeitsbericht des vorigen Jahres angedeutete Vermehrung der Energiequellen für Wechselstrommessungen ist im Laufe des Jahres ausgeführt worden. Es sind angeschafft und betriebsfertig montiert worden:

1. Eine Hochfrequenzmaschine der Siemens-Schuckert-Werke für eine maximale Leistung von 5 Kilowatt Drehstrom; die maximale Frequenz beträgt 2300. Dazu gehört ein geeigneter Antriebsmotor (Gleichstrom) mit Wendepolen, dessen Tourenzahl in weiten Grenzen verändert werden kann.

2. Ein Hochstromtransformator der Siemens-Schuckert-Werke, Leistung etwa 20 Kilowatt, primär 2 Wicklungen für 3×200 bezw. 3×400 Volt, sekundär für 3×2200 Ampere bei 3×4 Volt. Der Transformator besteht aus 3 einphasigen Transformatoren, die sich primär und sekundär parallel schalten lassen.

3. Ein Hochspannungstransformator von Koch & Sterzel in Dresden, Leistung 9 Kilowatt, primär 2 Wicklungen für 3×120 bezw. 3×240 Volt, sekundär für 3×20000 Volt, mit Abzweigen für 3×10000 Volt. Der Apparat ist ein Trockentransformator, der primär und sekundär beliebig in Dreieck oder in Stern geschaltet werden kann. Die Isolation ist derart bemessen, daß man jede Klemme der Hochspannungswicklung erden darf.

4. Ein Hochspannungstransformator der Siemens-Schuckert-Werke, Leistung 20 Kilowatt für einphasigen Wechselstrom, primär 2 Wicklungen für 120 bezw. 240 Volt, sekundär 2 Wicklungen für je 100000 Volt, die parallel oder hinter einander geschaltet werden dürfen. Die höchste jetzt der Reichsanstalt zur Verfügung stehende Spannung beträgt somit 200000 Volt.

Diese Neuanschaffungen hatten zur Folge, daß ein großer Teil der Schaltanlagen des Wechselstromlaboratoriums umgebaut werden mußte.

---

[1]) Orlich, Schering.

Um eine möglichst vielseitige Benutzung der Wechselstromquellen zu ermöglichen, wurde ein Linienwähler aufgestellt, der auf zwei Marmortafeln von 1,5×2 *m* Größe untergebracht ist. Auf der Vorderseite liegen 31 Horizontalschienen (5×3+4×4), an welche die Energiequellen angeschlossen sind, auf der Rückseite 11×3 Vertikalschienen, welche zu den Arbeitsplätzen führen. Die Verbindung von Horizontal- und Vertikalschienen wird durch Schraubstöpsel bewerkstelligt, die durch Löcher in der Marmorplatte hindurchführen. Die Stöpsel werden in die Schienen der Hinterseite eingeschraubt und legen sich mit einem ringförmigen Ansatz auf die vordere Schiene auf. Die Marmorplatte wurde nach einer Lehre von einer Marmorfabrik gebohrt geliefert, die übrigen Arbeiten sind von der Werkstatt der Reichsanstalt ausgeführt worden.

Bei dem Umbau und der Neueinrichtung der einzelnen Arbeitsplätze wurde, soweit dies bei den beschränkten räumlichen Verhältnissen möglich ist, auf Schutzmaßregeln geachtet, um die mit Hochspannung Arbeitenden zu sichern. Namentlich der Raum, der für die Arbeiten mit Spannungen bis zu 200 000 Volt bestimmt ist, wurde durch Signallampen, Türkontakte und automatische Ausschalter gesichert.

3. Messung schwacher Wechselströme[1]).

Im vorigen Tätigkeitsbericht ist ein Instrument zur Messung schwacher Wechselströme beschrieben, das aus 4×8 Thermoelementen aus Manganin-Konstantan im Vakuum bestand; diese waren nach einer von Salomonson angegebenen Brückenanordnung so geschaltet, daß ein Eindringen des zu messenden Stromes in das zur Messung der Thermokraft dienende Galvanometer verhindert wurde. Die dabei gefundene Abweichung der Angaben des Instruments für kommutierten Gleichstrom und für Wechselstrom derselben Energie konnte trotz zahlreicher Versuche nicht aufgeklärt werden.

Von der Frequenz des Wechselstromes waren die Angaben des Instrumentes zwischen 3 und 2500 Perioden in der Sekunde unabhängig.

Die Abweichungen bei Gleich- und bei Wechselstrom traten auch bei anderen Exemplaren ähnlicher Bauart auf, im Vakuum war die „Abweichung“ desselben Apparates eine andere wie bei höheren Drucken. Auch wenn 3 Zweige der Brücke aus reinen Widerständen und nur der 4. aus einem Thermoelement bestand, wurden solche „Abweichungen“ gefunden. Jedes Thermoelement hatte eine *individuelle* (prozentuale) „*Abweichung*“.

Aus Messungen der scheinbaren Widerstände der einzelnen Zweige des ersten Instruments mit Gleich- und Wechselstrom in der Wheatstoneschen Brücke ging hervor, daß der an den dünnen Lötstellen auftretende Peltier-Effekt recht beträchtlich ist; für eine Stromstärke von 0,005 Ampere berechnete sich die Erhöhung der Temperatur der dünnen Lötstelle über die der kalten Lötstelle bei Wechselstrom zu etwa 20° C., bei Gleichstrom in der einen Stromrichtung zu etwa 29° C., in der anderen Stromrichtung zu etwa 11° C. *A priori* brauchte der Mittelwert der durch den Peltier-Effekt veränderten Thermokräfte bei den beiden Gleichstromrichtungen nicht notwendig gleich der Thermokraft bei Wechselstrom derselben Energie zu sein, wodurch dann die „Abweichung“ erklärt wäre. Daß die Verhältnisse aber nicht so liegen, geht daraus hervor, daß ein Thermokreuz in der gewöhnlich gebräuchlichen Schaltung dieselben Angaben für kommutierten Gleichstrom und Wechselstrom machte. Wurde dagegen dasselbe Thermokreuz als 4. Zweig in eine Brücke aus reinen Widerständen geschaltet, so war der Mittelwert der Ausschläge des Brücken-Galvanometers bei kommutiertem Gleichstrom um über 10% größer als bei Wechselstrom derselben Energie. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Die Empfindlichkeit des im November 1906 hergestellten und ausgepumpten Instruments ist durch eine versehentliche Überlastung im Februar 1907 etwas herabgesetzt, nachher aber ziemlich unverändert geblieben.

Ausschlag des Zeigergalvanometers für 0,01000 Ampere Gleichstrom durch die Brücke:

10. XII. 06	26. II. 07	13. VII. 07	9. IX. 07	13. I. 08
136,1	133,2	132,2	131,7	131,9

[1]) Schering.

1. Konstruktion eines neuen Quadrantelektrometers und elektrometrische Untersuchungen[1]).

Eine Beschreibung des Instruments ist in dieser Zeitschrift veröffentlicht (Anh. Nr. 29).

Die Maxwellsche Konstante für die Empfindlichkeit eines Quadrantelektrometers ist nach früheren Untersuchungen[2]) in der Quadrantschaltung[3]) gleich

$$C(1 + \mathfrak{A} V_0^2),$$

in der idiostatischen Schaltung[4]) gleich

$$C(1 + \mathfrak{B} V^2)$$

und in der Nadelschaltung[5]) gleich

$$C(1 + [4\mathfrak{B} - \mathfrak{A}] P^2).$$

Im Tätigkeitsbericht für 1905 wurde ein Justierungsverfahren angegeben[6]), durch das für die Quadrantschaltung die Konstante $\mathfrak{A} = 0$ gemacht werden kann. Die Untersuchung hat ergeben, daß dasselbe Justierungsverfahren gestattet, für die idiostatische Schaltung die Konstante $\mathfrak{B} = 0$ und für die Nadelschaltung die Konstante $4\mathfrak{B} - \mathfrak{A} = 0$ zu machen. Der aus den beobachteten Konstanten $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ berechnete Wert für $4\mathfrak{B} - \mathfrak{A}$ stimmt in der Regel mit dem beobachteten Wert für $4\mathfrak{B} - \mathfrak{A}$ nicht genau überein. Es ist deshalb im allgemeinen nicht möglich, ein Elektrometer so zu justieren, daß in den drei Schaltungen gleichzeitig $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $4\mathfrak{B} - \mathfrak{A}$ gleich Null werden.

Im Tätigkeitsbericht für 1905 ist für die Quadrantschaltung eine Kurve[7]) angegeben, die die Abhängigkeit der Elektrometerkonstanten $\mathfrak{A}$ vom Nadelwinkel darstellt. Messungen, die mit Nadeln von verschiedenen Winkeln gleichzeitig in den drei gebräuchlichen Elektrometerschaltungen[8]) ausgeführt wurden, ergaben, daß die Abhängigkeit von $\mathfrak{A}$ (in der Quadrantschaltung), $\mathfrak{B}$ (in der idiostatischen Schaltung) und $4\mathfrak{B} - \mathfrak{A}$ (in der Nadelschaltung) durch Kurven ähnlicher Form dargestellt wird.

Sind beide Quadrantenpaare eines Elektrometers mit dem Gehäuse verbunden, und kommutiert man die zwischen Nadel und Gehäuse gelegte Spannung, so beobachtet man einen Ausschlag. Hallwachs[9]) schreibt diesen einer „Kontaktpotentialdifferenz“ K zu, die davon herrührt, daß die Oberflächen der Quadranten, obwohl sie aus demselben Metall bestehen, keine ganz gleiche Beschaffenheit besitzen. Versuche mit dem neuen Quadrantelektrometer (s. o.), das galvanisch vergoldete Quadranten besitzt, haben zu der Auffassung geführt, daß das Zustandekommen von K zum Teil dadurch bedingt ist, daß sich auf den Quadrantenflächen, an verschiedenen Stellen verteilt und in verschiedenen Konzentrationen, Spuren von Säuren, Laugen oder von Salzlösungen befinden.

Auffällige Erscheinung an empfindlichen Quadrantelektrometern[10]).

Im Verlaufe der Untersuchungen an hochempfindlichen Quadrantelektrometern wurde eine auffällige Erscheinung aufgefunden und näher untersucht, die sich folgendermaßen äußert. Die vergoldeten Quadranten des Elektrometers seien sorgfältig von etwaigen Fettspuren gereinigt. Die Nadel bestehe aus Magnalium. Die Luft im Elektrometergehäuse sei mit Feuchtigkeit gesättigt. Während jetzt mehrere hinter einander ausgeführte Bestimmungen der „Kontaktpotentialdifferenzen“ K zwischen den Quadrantenpaaren (s. o.) übereinstimmende Werte von K ergeben, erhält man, nachdem man der Nadel längere Zeit einen größeren einseitigen Ausschlag erteilt hat, für diese „Kontaktpotentialdifferenz“, wenn man sie wie vorher bestimmt, einen Wert K_1, der z. B. etwas größer ist. Nach einem ebenso lange andauernden Ausschlag gleicher Größe nach entgegengesetzter Richtung erhält man für die „Kontakt-

[1]) H. Schultze.
[2]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 97. 1903.*
[3]) *A. a. O. S. 102.*
[4]) *A. a. O. S. 107.*
[5]) *A. a. O. S. 105.*
[6]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 147. 1906.*
[7]) *A. a. O. S. 147.*
[8]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 97. 1903.*
[9]) *Wied. Ann.* **26.** *S. 3. 1886.*
[10]) H. Schultze.

potentialdifferenz" einen etwas kleineren Wert K_2. Nach einem Ausschlag nach der ersten Richtung unter analogen Bedingungen ergibt sich wieder nahezu ein Wert K_1, u. s. w. Beträgt die Dauer des einseitigen Ausschlags etwa 10 Minuten, seine Größe rund 400 *mm* (2000 *mm* Skalenabstand), so beträgt der „Effekt" $K_1 - K_2$ ungefähr 0,0004 Volt.

Dieser „Effekt" ist unabhängig von Richtung und Größe der an Nadel und Quadranten gelegten Spannungen, durch die der Ausschlag der Nadel erzeugt wird. Er wächst mit der Dauer und Größe des Ausschlags, und zwar zunächst nahe linear, dann immer langsamer. Der „Effekt" klingt ziemlich langsam ab. Besonders bemerkt sei, daß er nicht etwa durch elastische Nachwirkung bedingt ist. Benutzt man eine vergoldete Magnaliumnadel, so beträgt der „Effekt" $K_1 - K_2$ unter denselben Bedingungen nur etwa 0,00009 Volt. Der Effekt wurde auch bei Verwendung von Messingquadranten und einer Magnaliumnadel beobachtet.

Wenn man die Luft im Elektrometergehäuse trocknet, werden, soweit bis jetzt beobachtet ist, die Erscheinungen komplizierter. Die Versuche führen zu der Anschauung, daß von der Nadel irgend eine Wirkung ausgeht, die verschieden stark, je nach dem Metall der Nadel, die darüber bezw. darunter liegenden Teile der Oberflächenschicht auf den Quadranten chemisch verändert. Eine solche Wirkung ist bereits von H. Pellat[1]) bemerkt und untersucht worden. Ihre physikalische Ursache ist nicht aufgeklärt.

Auf die Genauigkeit der Messungen mit empfindlichen Quadrantelektrometern hat der erwähnte Effekt schon bei Verwendung einer Magnaliumnadel nur einen geringen Einfluß, wenn man in der von Orlich[2]) angegebenen Art kommutiert und außerdem immer dieselbe Anzahl von Sekunden nach dem Kommutieren schliest. Immerhin ist bei hohen Nadelspannungen eine kleine Unsicherheit dadurch bedingt. Bei Verwendung von vergoldeten Nadeln ist die mögliche Störung der Messung durch den „Effekt" fünffach geringer. Die Untersuchung ist in *dieser Zeitschrift* **27.** *S. 61. 1908* veröffentlicht.

5. Elektrolytische Ventilwirkung bei Gleichstrom[3]).

Die im letzten Bericht erwähnten Versuche am Tantal wurden abgeschlossen und veröffentlicht (Anh. Nr. 32). Die Ventilwirkung der Metalle Magnesium, Wismut und Antimon wurde untersucht. Mg zeigt außer in KOH und K_2CO_3 noch Ventilwirkung in $Na_2HPO_4 + NH_3$, worin bis 350 Volt ausgehalten wurden. Die Empfindlichkeit der Ventilwirkung gegen Ausschalten ist in KOH und K_2CO_3 gering, die Empfindlichkeit gegen Erwärmung sehr groß. Sb ergibt die Ventilwirkung in fast allen Elektrolyten. Die höchste Spannung (über 700 Volt) wurde in stark verdünntem KCl ausgehalten. Die Empfindlichkeit gegen Erwärmen ist geringer als die des Mg, die gegen Ausschalten sehr groß. Bi zeigt ebenfalls in fast allen Elektrolyten Ventilwirkung. Die höchste Spannung wurde in stark verdünnter KOH erreicht, nämlich 600 Volt. Die Empfindlichkeit gegen Erwärmen und Ausschalten ist gering. Ist e die Spannung an der wirksamen Schicht, δ ihre Dicke, ε ihre Dielektrizitätskonstante, so möge die Fähigkeit der wirksamen Schicht, eine bestimmte Spannung e auszuhalten, „Sperrfähigkeit" heißen. Stellt man dieselbe als Funktion von δ/ε dar, so hat die sich ergebende Kurve der Sperrfähigkeit $e = f\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)$ für jedes der bisher untersuchten Metalle eine andere Lage. Infolgedessen ist die bisherige Erklärung, daß die Ventilwirkung durch eine Gashaut in den Poren der festen Haut bewirkt werde, dahin abzuändern, daß die feste Haut innerhalb der wirksamen Schicht stets aus dem Oxyd des Anodenmetalles besteht und sich erst beim Verlassen der wirksamen Schicht in die gewöhnliche feste Haut (Verbindung des Metalles mit dem Anion des Elektrolyten) verwandelt. Die Versuche sind veröffentlicht (Anh. Nr. 33).

Die Untersuchung des Nioh, das von Hrn. Dr. W. v. Boiton zur Verfügung gestellt wurde, ergab bisher, daß die Ventilwirkung des Nioh sich fast genau ebenso wie die des Tantals verhält. Die Untersuchung der Ventilwirkung des Silbers wurde begonnen. Bisher wurde beobachtet, daß Silberanoden in HCl bei 0,0005 Amp./*qcm* 40 Volt, bei 0,03 Amp./*qcm*

[1]) H. Pellat, *Influence d'un métal sur la nature de la surface d'un autre métal placé à une très petite distance. Journ. de phys.* **1.** *S. 416. 1882.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 103. 1903.*

[3]) G. Schulze.

140 Volt, in HBr bei 0,00008 Amp./qcm 30 Volt aushielten, während der Spannungsabfall in umgekehrter Stromrichtung unwesentlich war. Doch scheinen von der gewöhnlichen Ventilwirkung stark abweichende Verhältnisse vorzuliegen.

Elektrolytische Ventilwirkung bei Wechselstrom.

Ein elektrolytischer Gleichrichter läßt sich auffassen als eine Vorrichtung, die für die eine Stromrichtung einen hohen Widerstand w_a, für die andere einen geringen Widerstand w_k besitzt. Der Gleichrichter möge in Serie mit einem Widerstand w, dem er die Gleichstromleistung liefern soll (z. B. Kupferraffinierungsanlage) an einer Wechselspannung liegen. (In der Praxis würde man zur Ausnutzung beider Stromrichtungen eine Kombination mehrerer Gleichrichter verwenden.) Als Gleichstromleistung während einer Periode möge definiert werden die Leistung in der einen Hälfte der Periode, vermindert um die Leistung in der anderen Hälfte. Der Wirkungsgrad sei gleich der reinen Gleichstromleistung, dividiert durch die gesamte Leistung im Widerstand w und im Gleichrichter. Zur Ermittelung des Wirkungsgrades kann man sich der Scheitelwerte von Strom und Spannung bedienen. Sind (in Scheitelwerten) E die zur Verfügung stehende Wechselspannung, E_a und E_k die Spannungen am Gleichrichter und J_a und J_k die Ströme in beiden Richtungen, so wird die reine Gleichstromleistung auf den Widerstand w in der Zeiteinheit repräsentiert durch

$$(E - E_k) J_k - (E - E_a) J_a ,$$

und es wird der Wirkungsgrad

$$\gamma = \frac{(E - E_k) J_k - (E - E_a) J_a}{E (J_a + J_k)} .$$

Zur Ermittelung des bei einer gegebenen Belastung (dargestellt durch den Widerstand w) maximal möglichen Wirkungsgrades empfiehlt sich die Umrechnung der Gleichung auf die oben angegebenen Widerstände w_a, w_k, w. Dann ergibt sich

$$\gamma = w \left(\frac{1}{w + w_k} - \frac{1}{w + w_a} \right) .$$

Setzt man nun $\frac{w_k}{w_a} = \alpha$, so wird bei gegebenem α und w das Maximum von γ erreicht, wenn $w_a = \frac{w}{\sqrt{\alpha}}$ ist, und zwar wird

$$\gamma_{max} = \frac{1 - \sqrt{\alpha}}{1 + \sqrt{\alpha}} .$$

Wenn $\alpha = 0{,}01$ ist, so ist $\gamma_{max} = 81{,}8\,\%$. Zur Erzielung hohen Wirkungsgrades muß also α sehr klein sein. w_a, w_k, α, γ_{max} wurden aus den Ablesungen von vier Zeigerapparaten ermittelt. Es ergab sich folgendes: Bi und Sb zeigen bei Wechselstrom fast überhaupt keine Ventilwirkung; bei Mg in K_2CO_3 läßt sich $\gamma_{max} = 85\,\%$ bei 70 Volt Scheitelspannung und 0° C. erreichen, aber bei 40° C. verschwindet die Ventilwirkung völlig; bei Ta kommt man über $\gamma_{max} = 50\,\%$ nicht hinaus. Der Grund ist die Unbeständigkeit der wirksamen Schicht (w_a zu gering). Al in $K_2B_2O_4$ gibt bis zu 87 %. Doch treten nach einiger Zeit Anfressungen des Metalles auf, und die Zelle wird unwirksam. Das wird vermieden durch Verwenden von $(NH_4)_2B_2O_4$, aber dann ist im günstigsten Falle $\gamma_{max} = 75\,\%$ und sinkt dauernd.

w_a und w_k bestehen hauptsächlich aus

1. w_a' und w_k', den Widerständen der wirksamen Schicht.
2. w_p, dem Widerstande der porösen von Flüssigkeit erfüllten Haut.

w_p ist schädlicher Ballast und ist gering bei K- und Na-Salzen, hoch bei Ammonsalzen. Da sich aber in einer arbeitenden Zelle das Kation am Aluminium anhäuft, und K und Na die feste Haut angreifen, verbietet sich ihre Anwendung.

Im übrigen steigt allgemein der Wirkungsgrad

1. mit der Konzentration des Elektrolyten, gleichzeitig aber auch die Neigung zum Niederbruch;
2. mit der Strombelastung, letztere muß aber zur Vermeidung schädlicher Erwärmung gering sein;

3. mit der Temperatur bis etwa 80° C., gleichzeitig die Neigung zum Niederbruch;
4. mit der Spannung, solange die Maximalspannung nicht erreicht wird. Bei Al in $(NH_4)_2B_2O_4$ und

270 Volt Scheitelspannung ist $\gamma_{max} = 78\%$,
400 „ „ „ „ $= 65\%$.

Versuche über das Verhalten des Reststromes und die Ursachen der Maximalspannung wurden begonnen.

6. Selbstinduktionsmessungen mit Wechselströmen hoher Frequenz[1]).

Die Untersuchungen über das Verhalten der neu hergestellten Selbstinduktionsnormale gegenüber hochfrequenten Wechselströmen wurden fortgesetzt. Bei den in der Wheatstoneschen Brückenschaltung ausgeführten Messungen stellte sich heraus, daß die geringe Selbstinduktion bifilar gewickelter Widerstandsrollen, wie sie die gebräuchlichen Präzisionswiderstandskästen enthalten, unter Umständen erhebliche Fehler verursachen kann. Enthalten die Zweige 1 und 2 einer Brücke $\begin{matrix}1&2\\3&4\end{matrix}$ zwei Spulen von relativ hoher Selbstinduktion L_1 und L_2 (10^7 bis 10^9 *cm*) und den Widerständen w_1 und w_2, die Zweige 3 und 4 wie in der üblichen Meßanordnung einen ausgespannten Schleifdraht nebst bifilar gewickelten Zusatzwiderständen, so müssen, wenn L_3 und L_4 die geringen Selbstinduktionen der Widerstände w_3 und w_4 bezeichnen, die folgenden beiden Bedingungen erfüllt werden, um den Brückenzweig stromlos zu machen:

$$1. \quad L_1 w_4 + L_4 (w_1 + w_1') = L_2 w_3 + L_3 w_2 ,$$
$$2. \quad (w_1 + w_1') w_4 - \omega^2 L_1 L_4 = w_2 w_3 - \omega^2 L_2 L_3 .$$

Hierbei ist $\omega = 2 \pi n$, n die Frequenz, und w_1' bedeutet einen zum Zwecke der Abgleichung zu w_1 hinzugeschalteten induktionsfreien Widerstand. Die Versuche haben gezeigt, daß zwar im allgemeinen die Gleichung 1) in die einfache, von L_3 und L_4 unabhängige Gleichung

$$L_1 : L_2 = w_3 : w_4$$

übergeht, daß aber in Gleichung 2) bei einigen tausend Perioden die Glieder $\omega^2 L_1 L_4$ und $\omega^2 L_2 L_3$ gegen $(w_1 + w_1') w_4$ und $w_2 w_3$ merklich werden können. Wenn es sich also um die Bestimmung des Widerstandes von Selbstinduktionsspulen, z. B. um Skineffektsmessungen handelt, muß die geringe Selbstinduktion der Vergleichswiderstände w_3 und w_4 berücksichtigt werden. Zur Prüfung der Selbstinduktionsnormalen auf Skineffekt wurde daher eine Wheatstonesche Brücke konstruiert, bei welcher die Vergleichswiderstände aus bifilar ausgespannten Drähten bestanden, deren Selbstinduktionskoeffizienten theoretisch aus den geometrischen Abmessungen berechnet werden können. Der Schleifdraht wurde bis auf 2 *cm* verkürzt.

7. Methode zur Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten[2]).

Die Formel 2) läßt sich zur Bestimmung eines der beiden Koeffizienten L_3 oder L_4 benutzen, wenn der andere und außerdem die Koeffizienten L_1 und L_2 bekannt sind. Durch eine geeignet gewählte Anordnung wurde so eine brauchbare Methode zur Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten gewonnen, deren Hauptvorteil darin besteht, daß sie auch auf Spulen von hohem ohmschen Widerstande anwendbar ist, wo die bisherige Brücken-Methode versagt. Für einige bifilar gewickelte Spulen eines Präzisionswiderstandskastens von O. Wolff wurden nach dieser Methode folgende Selbstinduktionswerte gemessen:

Widerstand	Selbstinduktionskoeffizient
10 Ohm	1000 *cm*
1 „	430 „
0,1 „	140 „

Die Methode gestattet, die Selbstinduktion eines Leiters, dessen Zeitkonstante $1{,}6 \cdot 10^{-8}$ Sek. ist, noch auf einige Prozent zu messen. Bei einem Widerstand von 1 Ohm entspricht diesem Werte der Zeitkonstanten eine Selbstinduktion von 16 *cm*.

[1]) Giebe.
[2]) Giebe.

Die neue Methode läßt sich in besonders einfacher Weise auf die Bestimmung sehr kleiner Selbstinduktionskoeffizienten von Leitern mit *geringem* Widerstande anwenden. Für diesen Fall ist eine Vergleichsselbstinduktion von annähernd gleicher Größenordnung nicht erforderlich; die Messung ergibt vielmehr das Produkt aus einer sehr kleinen und einer um mehrere Zehnerpotenzen größeren Selbstinduktion. Bestimmt man außerdem in bekannter Weise das Verhältnis derselben beiden Selbstinduktionen, so kann der absolute Wert jeder von ihnen berechnet werden.

Die Ergebnisse einer Reihe von Messungen, die nach dieser Methode ausgeführt wurden, sind veröffentlicht (Anh. Nr. 34).

8. Wellenlänge elektrischer Schwingungen[1]).

Die Aufstellung der Wellenlängenskale, über die im Vorjahre kurz berichtet wurde, ist inzwischen in einer ausführlichen Veröffentlichung (Anh. Nr. 35) beschrieben. Für lange Wellen (über 1000 *m*) ist die Skale auf etwa 1 bis 2‰ festgelegt; für kürzere Wellen ist die Genauigkeit geringer, bleibt aber noch innerhalb 1%.

Die Versuche sollen in doppelter Hinsicht fortgesetzt werden.

1. Es soll eine größere Anzahl von Normalinstrumenten hergestellt und absolut geeicht werden, welche alsdann die Skale repräsentieren.

2. Es soll, insbesondere für kurze Wellen, die Genauigkeit erhöht werden.

Die hierzu erforderlichen Apparate sind in Auftrag gegeben.

9. Messung von Kapazitäten und Selbstinduktionen mit elektrischen Schwingungen[2]).

Da mehrfach Prüfungsanträge zur Messung kleiner Kapazitäten mit schnellen Schwingungen eingingen, wurden die Versuche im Zusammenhang mit den Wellenlängenmessungen (*Nr. 8*) fortgesetzt.

10. Ungedämpfte elektrische Schwingungen[3]).

Weitere Versuche mit ungedämpften elektrischen Schwingungen, welche nach Poulsen mittels des in Wasserstoff brennenden Lichtbogens erzeugt wurden, bezweckten die Konstanz dieser Schwingungen sowohl bezüglich ihrer Wellenlänge wie ihrer Intensität zu steigern. Es wurde zunächst eine Lampe konstruiert, welche auch für längere Brenndauer Konstanz der Bogenlänge gewährleistet. Bei dieser Lampe brennt der Lichtbogen zwischen einem gekühlten äußeren Kupferzylinder von 23 *mm* innerem Durchmesser und 30 *mm* Höhe und dem Mantel einer 20 *mm* dicken Homogenkohle. Ein Magnetfeld in Richtung der Kohlenachse von regulierbarer Stärke erhält den Bogen dauernd in Rotation und bewirkt so ein allseitig gleichmäßiges Abbrennen der Kohle. Die Zentrierung der letzteren in dem Kupferrohr erfolgt mittels je dreier Schrauben an den Kohlenenden und läßt sich bequem auch während des Brennens ausführen. Das Magnetfeld wird durch eine vom Lampenstrom durchflossene Spule erzeugt. Den Gleichstrom für den Bogen lieferte eine Akkumulatoren-Batterie von 240 Volt Spannung. Als Vorschaltwiderstand wurde mit Vorteil ein aus Nernstschen Eisenwiderständen gebildeter benutzt.

Mittels dieser Anordnung gelang es, Schwingungen von großer Konstanz für längere Zeit zu erhalten, welche sich wegen ihrer großen Resonanzfähigkeit für Meßzwecke als sehr brauchbar erwiesen. Dabei war es stets besonders günstig, die Selbstinduktion im Schwingungskreise möglichst groß zu wählen.

Frühere Versuche[4]) hatten ergeben, daß die Kurvenform der vom Lichtbogen erzeugten Schwingungen beträchtlich von der reinen Sinusform abweicht, falls die Kapazität im Schwingungskreis groß im Verhältnis zur Selbstinduktion gewählt wird. Durch Koppelung des Erregerkreises mit einem Resonator veränderlicher Schwingungsdauer konnten außer der Grundschwingung noch eine Reihe der harmonischen Oberschwingungen nachgewiesen werden, deren Intensität mit größer werdender Selbstinduktion stark abnahm. Es zeigte sich, daß durch Verstärkung des den Lichtbogen speisenden Gleichstromes die Intensität der Oberschwingungen bei konstanter Kapazität und Selbstinduktion im Schwingungskreise verringert werden kann, während gleichzeitig die Intensität der Grundschwingung zunimmt.

[1]) Diesselhorst, Lindemann.
[2]) Diesselhorst, Lindemann.
[3]) Lindemann.
[4]) *Diese Zeitschr.* **27.** *S. 155. 1907.*

Diese Beobachtungen werden durch neuere Untersuchungen, vor allem von Simon[1]) und seinen Schülern, gestützt, welche sich zunächst mit den langsameren Duddellschen Schwingungen beschäftigen. Danach erlöscht der Lichtbogen bei der Entladung des parallel geschalteten Kondensators in der dem Gleichstrom entgegengesetzten Richtung, sobald der Entladungsstrom größer als der speisende Gleichstrom wird, und eine Neuzündung des Bogens muß um so später eintreten, je größer der Entladungsstrom im Verhältnis zum Gleichstrom ist. Da in der Zwischenzeit der Verlauf der weiteren Entladung und Neuaufladung des Kondensators vor allem von der dem Lichtbogen vorgeschalteten großen Selbstinduktion abhängt, so muß die Kurvenform der Schwingungen notwendig von der reinen Sinusform abweichen, und zwar um so mehr, je längere Zeit der Lichtbogen erloschen bleibt. Mittel, diese Zeit zu verkürzen, sind nach den oben mitgeteilten Versuchen die Verstärkung des den Lichtbogen speisenden Gleichstromes sowie Verkleinerung der Kapazität im Verhältnis zu der im Schwingungskreise liegenden Selbstinduktion.

11. Analyse elektrischer Schwingungen[2]).

In dem Bericht vom Jahre 1904 ist von Gebrcke ein Wechselstrom-Oszillograph beschrieben, der auf der Eigenschaft des kathodischen Glimmlichts beruht, eine der Stromstärke proportionale Fläche zu bedecken. Durch Verwendung sehr schnell rotierender und lichtstarker Hohlspiegel gelang es, mit Hülfe dieses Oszillographen elektrische Schwingungen bis herab zu etwa 500 *m* Wellenlänge zu analysieren. Die Dämpfung und Form der Schwingungen, die Schwingungen gekoppelter Systeme, der Einfluß der Funkenstrecke, ungedämpfte Poulsen-Schwingungen u. a. konnte in photographischen Bildern festgelegt und auch direkt mit dem Auge beobachtet werden (Anh. Nr. 36).

B. Schwachstrom-Laboratorium[3]).

1. Laufende Prüfungsarbeiten.

Im Jahre 1907 wurden geprüft

13 Proben Leitungsmaterial (3 Anträge);
161 Einzelwiderstände;
45 Widerstandssätze (15 Kompensatoren, davon 4 mit Meßbrücke, 5 Meßbrücken, 19 Widerstandskästen und Spannungsteiler, 6 Verzweigungswiderstände) mit zusammen 1513 Abteilungen;
10 verschiedene Prüfungen (darunter 1 Drehspul-Galvanometer, 3 Wheatstone-Kirchhoffsche Drahtbrücken, 2 Thomsonsche Meßbrücken, 1 Pyrometer-Schaltung);
60 Clarksche Normalelemente;
57 Westonsche Normalelemente;
2 Akkumulatoren (1 Antrag);
62 Trockenelemente (9 Anträge).

2. Widerstände.

Von den geprüften Einzelwiderständen waren 108 Draht- und 53 Blechwiderstände, bis auf 5 ältere Apparate sämtlich aus Manganin. Für 157 Widerstände und Widerstandssätze lagen Angaben über den Besteller vor. Danach waren 82 für das Ausland bestimmt, und zwar gingen 57 nach den Vereinigten Staaten, 11 nach Österreich-Ungarn, 5 nach Dänemark, 3 nach England u. s. w.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden 11 Einzelwiderstände und 4 Widerstandssätze geprüft, unter den letzteren ein Kompensator nach Diesselhorst (vgl. *diese Zeitschr. 28. S. 1. 1908*); ferner wurden 4 Metallstäbe aus Kupfer und Aluminium sowie Drähte aus Silber und Nickel auf spezifischen Widerstand und Temperaturkoeffizient untersucht.

3. Normalelemente.

Bei den geprüften Clark-Elementen lag die Abweichung vom Sollwert (1,4328 Volt bei 15° C.)

bei 25 Stück zwischen 0,0000 und 0,0004 Volt,
„ 27 „ „ 0,0004 „ 0,0007 „ .

[1]) *Jahrb. d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie* **1.** *S. 16. 1907.*
[2]) Diesselhorst.
[3]) Lindeck.

bei 3 Stück zwischen 0,0007 und 0,0010 Volt,
„ 2 „ zeigten sich veränderliche Werte,
„ 3 „ „ „ äußere Mängel.

Die Prüfung der von der European Weston Electrical Instrument Co. hergestellten Weston-Elemente ergab (bei Zimmertemperatur) die folgenden Werte:

bei 1 Stück 1,0188 Volt,
„ 6 „ 1,0189 „ ,
„ 4 „ 1,0190 „ ,
„ 33 „ 1,0191 „ ,
„ 2 „ 1,0192 „ ;

10 Stück zeigten Mängel, insbesondere hohen inneren Widerstand.

4. Nachprüfungen für die Elektrischen Prüfämter. Für die Prüfämter Nr. 1 bis 7 wurden die Kontrollnormale (42 Einzelwiderstände und 14 Normalelemente) der üblichen Nachprüfung unterzogen. Bei 40 Widerständen lagen die Änderungen gegen das Vorjahr unter 0,00003 des Wertes; dagegen zeigten zwei relativ neue Widerstände des Prüfamts Bremen von 10 und 100 Ohm Änderungen von 0,007 bezw. 0,014 %.

5. Trockenelemente. Im Berichtsjahr ist die intermittierende Prüfung von Trockenelementen (Dauer des Stromschlusses 3 Minuten in jeder Viertelstunde, Entladung bis zur Klemmenspannung von 0,8 Volt), entsprechend dem Verfahren des Kaiserlichen Telegraphen-Versuchsamtes in Berlin, auf Antrag von Fabrikanten mehrfach durchgeführt worden. Ferner wurden zur eigenen Information von 10 Trockenelementen derselben Herkunft 5 Stück durch je 10 Ohm dauernd, die anderen 5 durch je denselben Widerstand intermittierend entladen, und zwar bis zu Klemmenspannungen von 0,8; 0,6 und 0,4 Volt abwärts. Es ergab sich, daß die untersuchte Elementen-Sorte bei intermittierender Entladung eine um etwa

40 % 10 % 5 %

größere Strommenge als bei dauernder Entladung lieferte, je nachdem die Entladung bis

0,8 0,6 0,4 Volt

fortgesetzt wurde.

Die Grenze der Entladespannung für die Prüfung auf 0,8 Volt zu normieren, hat den Übelstand, daß in der Nähe dieser Spannung die Entladekurve häufig außerordentlich langsam fällt, sodaß das Ende der Entladung sich nicht scharf bestimmen läßt; manchmal kommt es sogar vor, daß die Spannung, die ein wenig unter 0,8 Volt gesunken war, wieder etwas steigt und dann längere Zeit über 0,8 Volt bleibt. Ferner ist die Elektrizitätsmenge, die z. B. in dem Intervall von 0,8 bis 0,6 Volt abgegeben wird, meistens sehr erheblich und offenbar in hohem Maße von der verwendeten Braunsteinsorte abhängig. Dies trifft z. B. für eine seit kurzem benutzte Sorte deutschen Ursprungs zu, mit der eingehende Versuche an kleinen Probeelementen vorgenommen wurden.

6. Normalelemente und Silbervoltameter[1]. Diese Arbeiten wurden in Gemeinschaft mit dem elektrischen Laboratorium der Abt. I ausgeführt (vgl. auch *S. 111*).

Im Berichtsjahr ist seitens des *Bureau of Standards* in Washington eine Vergleichung der Normalelemente ins Werk gesetzt worden, die auf Grund der in der letzten Zeit gesammelten Erfahrungen, insbesondere über die zweckmäßigste Herstellung des Merkurosulfats, in verschiedenen Laboratorien zusammengesetzt worden sind. Zu diesem Zweck brachte Hr. Burgess 12 Clark- und 12 Weston-Elemente, die in Washington sorgfältig an die dortigen Normale angeschlossen waren, in das *National Physical Laboratory* nach Teddington, in das *Laboratoire Central d'Électricité* nach Paris und in die Reichsanstalt und nahm je 4 in Teddington zusammengesetzte Weston-Elemente für die beiden letzteren Laboratorien und für Washington mit, während je 2 amerikanische Clark- und Weston-Elemente in jedem der drei besuchten Laboratorien verblieben.

[1]) Jaeger, Lindeck, v. Steinwehr.

Bei den Messungen in der Reichsanstalt standen also zunächst je 8 amerikanische und englische Weston-Elemente und 8 amerikanische Clark-Elemente zur Verfügung. Die Elemente haben den vorsichtigen Hand-Transport sehr gut überstanden.

Verglichen wurden sie in der Reichsanstalt mit 20 im März 1907 verfertigten, mit $M_1 \ldots M_6$, $O_1 \ldots O_8$[1]), $P_1 \ldots P_8$ bezeichneten Elementen, die mit drei verschiedenen, nach der v. Steinwehrschen Fällungsmethode erhaltenen Präparaten zusammengesetzt waren; diese Elemente zeigten in den ersten Monaten eine Abnahme ihrer elektromotorischen Kraft von etwa $1 \cdot 10^{-4}$ Volt, die zur Zeit der ausführlichen Vergleichung der durch Hrn. Burgess überbrachten Elemente (Ende Juni 1907) noch nicht ganz abgelaufen war, aber wenige Monate später ihr Ende erreicht zu haben scheint. Da, wie erwähnt, einige englische und amerikanische Elemente der Reichsanstalt überlassen worden waren, konnten die Vergleichungen fortgesetzt werden; allen Messungen zugrunde gelegt wurden ältere Elemente aus dem Jahre 1899, die während des hier in Betracht kommenden Zeitraums als konstant anzusehen sind. Es ergab sich, wenn mit A[2]) das Mittel der 6 ausländischen, mit M, O, P die Mittel der deutschen Elemente bezeichnet werden (Zahl derselben 6; 4; 8):

Datum	M — A	O — A	P — A
30. 9. 07	$+ 2_{36}$	$+ 3_{23}$	$+ 0_{38} \times 10^{-5}$ Volt
25. 10. 07	$+ 1_{39}$	$+ 1_{23}$	$- 1_{30}$ „
4. u. 7. 1. 08	$+ 2_{35}$	$+ 4_{31}$	$+ 0_{38}$ „

Über diese Messungen ist dem *Bureau of Standards* und dem *National Physical Laboratory* ein ausführlicher Bericht übersandt worden.

Nach den in Paris vorgenommenen Messungen stimmen die dortigen Elemente ebenfalls auf wenige hunderttausendstel Volt mit den englischen und amerikanischen überein. Aus der guten Übereinstimmung aller dieser Vergleichungen dürfte hervorgehen, daß durch die Erkenntnis, worauf es bei Herstellung des Merkurosulfats ankommt, die Einheitlichkeit auf diesem Gebiet sehr gefördert worden ist.

Jedoch muß die Frage der zeitlichen Veränderlichkeit noch weiter studiert werden. Wegen der Arbeiten mit dem Silbervoltameter sei auf den Bericht der Abt. I, *S. 112*, verwiesen; infolge der größeren Ausdehnung der Messungen, die mit der im folgenden Abschnitt behandelten Frage zusammenhängen, konnte sich das Schwachstrom-Laboratorium an den silbervoltametrischen Versuchen nur bis zum September 1907 beteiligen.

7. Änderungen von Drahtwiderständen mit der atmosphärischen Feuchtigkeit.

Nach den langjährigen Untersuchungen der Reichsanstalt zeigten die nach ihren Angaben hergestellten *Normal-Widerstände*, insbesondere ihre eigenen Normale, eine außerordentlich hohe zeitliche Konstanz. Es gilt dies namentlich von den wichtigsten Widerständen von 1 Ohm; hohe Widerstände, z. B. von 1000 Ohm aufwärts, wiesen größere Änderungen auf, was von der Reichsanstalt schon 1895 betont wurde. Als mutmaßliche Ursache wurden thermische Nachwirkungs-Erscheinungen im Drahtmaterial bezeichnet.

Im Berichtsjahre ist nun eine sehr wichtige Arbeit von Rosa und Babcock aus dem *Bureau of Standards* in Washington erschienen, die den Nachweis erbringt, daß die *atmosphärische Feuchtigkeit* namentlich die höheren Widerstände des nach Angabe der Reichsanstalt hergestellten Modells in einer bei Präzisionsmessungen störenden Weise beeinflussen kann. Der Schellack, mit dem der umsponnene Widerstandsdraht gestrichen ist, absorbiert bei zunehmender Feuchtigkeit Wasserdampf, quillt und streckt den dünnen Draht, wodurch der Widerstand zunimmt; bei abnehmender Feuchtigkeit nimmt der Widerstand wieder ab. Im Hochsommer ist der

[1]) Zwei dieser Versuchs-Elemente, die allerdings nicht für die Versendung konstruiert waren, wurden Hrn. Burgess nach Amerika mitgegeben. Sie haben durch den Transport etwas gelitten, doch lag 4 Wochen nach der Ankunft die Abweichung von den amerikanischen Normalen innerhalb 0,00005 Volt.

[2]) Von den mit A bezeichneten 4 englischen und 2 amerikanischen Elementen stammen die ersteren aus dem Juni 1906 bis Februar 1907, die letzteren aus dem April 1907.

Widerstand einer Spule, von z. B. 1000 Ohm, in Washington am größten, anfangs Frühjahr am kleinsten. An Spulen von *Widerstandskästen* von 1000 und 10000 Ohm sind dort Unterschiede zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert bis zu etwa 0,02$_5$ % beobachtet worden.

In einer Erwiderung auf die Arbeit von Rosa und Babcock (Anh. Nr. 37) ist hauptsächlich auf folgende Punkte hingewiesen worden:

1. Die *Größe* der beobachteten Widerstandsänderungen muß durch das *Klima* von Washington bedingt sein; die Luftfeuchtigkeit ist dort im Sommer so hoch, daß sie in den für elektrische Normalmessungen in Betracht kommenden Laboratorien künstlich herabgesetzt wird, um bessere Isolation zu erzielen. Andererseits ist in Washington, worauf Rosa in einer Antwort (*Electrician* **60.** *S. 162. 1907*) auf die zitierte Erwiderung aufmerksam gemacht hat, die Luft im Winter sehr trocken. Die Konstanz der Widerstände würde also dort ohne weiteres dadurch erheblich verbessert werden können, daß man in der trockenen Jahreszeit die Luftfeuchtigkeit in den Laboratorien künstlich erhöhte.

2. Die Messungen in Washington beziehen sich, soweit die Einwirkung der *atmosphärischen* Feuchtigkeit in Frage kommt, nur auf Spulen aus Widerstandskästen, nicht aber auf Normalwiderstände; es ist anzunehmen, daß sich die letzteren, *selbst unter den ungünstigen Bedingungen des dortigen Klimas*, weniger ändern als die Spulen von Widerstandskästen. Damit steht nicht im Widerspruch, daß Normalwiderstände, die Rosa und Babcock zum Studium der Erscheinung in einen Kasten brachten, dessen Feuchtigkeit wochenlang auf 60—70 %, 80 %, ja in einem Fall etwa 8 Tage auf 100 % (dazwischen immer wieder auf niedrigem Betrag) gehalten wurde, sich bis zu 0,03$_5$ % änderten.

Auf die Veröffentlichung aus dem *Bureau of Standards* hin wurden 10 Draht-*Normale* von 10 bis 10000 Ohm, die Ende April 1907 sorgfältig auf die Einheit bezogen waren, Ende Juni (von 10 Ohm aufwärts) nochmals gemessen. Bei 7 Stück war keine Änderung von 0,001 % bemerkbar; nur die 3 Widerstände von 1000 Ohm zeigten einen Anstieg bis zu 0,002 %. Mitte August und Ende September wurden die Messungen vom Juni wiederholt; diese drei Reihen haben, da die bei den Messungen benutzten Büchsen von 1 und 10 Ohm nicht von neuem auf einander bezogen wurden, etwas geringere Genauigkeit. Sie zeigten aber, daß weitere Änderungen, die wenige Hunderttausendstel überstiegen hätten, nicht vorgekommen sind. Im Oktober wurde die ganze Messungsreihe vom April *vollständig* wiederholt mit dem Ergebnis, daß nun ein deutlicher Anstieg zu konstatieren war, der bei den (je 3) 1000 und 10000 Ohm-Widerständen gegen die Werte vom April 0,004 bis 0,006$_5$ % betrug, *also nur etwa den 5. Teil der in Washington an Spulen aus Widerstandskästen beobachteten Beträge.* Dabei war der vorjährige Sommer hier abnorm feucht, wie aus den nachstehenden, vom Kgl. Meteorologischen Institut in Berlin mitgeteilten Zahlen hervorgeht:

Relative Feuchtigkeit in Prozent.

	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
im Jahre 1907:	70	64	69	76	75	77	82
normaler Wert:	69	65	66	67	69	73	79

Seitdem sind die Widerstände wieder mit großer Annäherung auf die Werte vom April 1907 zurückgegangen. Aus der selbst unter ungünstigen Umständen geringen Größe der in Charlottenburg auftretenden periodischen Änderungen erklärt es sich, daß die Erscheinung bisher in der Reichsanstalt nicht beobachtet worden ist.

Die Versuche von Rosa und Babcock über das Verhalten von Widerstandsspulen in Räumen, deren Feuchtigkeit künstlich verändert worden konnte, wurden an einer großen Anzahl von 1000 Ohm-Spulen wiederholt und vollkommen bestätigt.

Zum Konstanthalten der relativen Feuchtigkeit wurden Schalen mit Schwefelsäure von passender Konzentration unter Glasglocken aufgestellt. Da nach den in Washington angestellten Messungen die Konstanz der Manganinwiderstände nach dem Modell der Reichsanstalt nichts zu wünschen übrig läßt, sobald nur die Feuchtigkeit der umgebenden Luft konstant bleibt, so wäre schon hiermit ein sehr einfaches Mittel gegeben, um die Widerstands-

Digitized by Google

schwankungen vorhandener Normale zu beseitigen: man wird sie unter einer Glocke o. dgl. aufbewahren, in der eine *mittlere* Feuchtigkeit von z. B. 50% (hergestellt mit einer etwa 44%-igen Schwefelsäure) herrscht, und sie nur beim Gebrauch herausnehmen.

In Übereinstimmung mit den Erfahrungen des *Bureau of Standards* hat sich gezeigt, daß das Einsetzen in Petroleum die Widerstände dem Feuchtigkeitseinfluß in keiner Weise entzieht; dagegen scheint gutes *Paraffinöl* nach den bisher in der Reichsanstalt angestellten Versuchen *einen sehr wirksamen Schutz* zu bilden. Es dürfte somit ein noch einfacheres Mittel wie das eben angegebene, das sein, die Widerstände des bisherigen Modells, die man dem Feuchtigkeitseinfluß entziehen will, *dauernd unter reinem Paraffinöl aufzubewahren*. Die Spulen in Widerstandskästen kann man ferner nach den amerikanischen Erfahrungen durch einen Überzug aus festem Paraffin schützen. Dies ist zwar kein ideales, aber jedenfalls ein in vielen Fällen wertvolles Auskunftsmittel. Für Einzelwiderstände ist im *Bureau of Standards* ein kleines, nur für Widerstandsmessungen bestimmtes Modell angefertigt worden, bei welchem sich der Widerstandsdraht in einem von der Außenluft abgeschlossenen, mit reinem, trockenem Petroleum gefüllten Gefäß befindet. Zwei derartige, von Hrn. Dr. Stratton überbrachte Widerstände sind im Oktober 1907 an die 1 Ohm-Normale der Reichsanstalt angeschlossen worden; die hier gefundenen Werte sind mit den im *Bureau of Standards* gemessenen, ebenfalls auf die Einheit der Reichsanstalt bezogenen Zahlen nachstehend zusammengestellt:

Bezeichnung	Werte in int. Ohm der Reichsanstalt bei 20° C., gefunden in	
	Washington	Charlottenburg
Nr. 5	999,78	999,79
Nr. 6	99,971	99,972

Diese Übereinstimmung zeigt, neben der Wirksamkeit der in Washington getroffenen Anordnung, mit welcher Genauigkeit sich die *Widerstandseinheit* in Form von Draht-Widerständen, selbst ohne Berücksichtigung des Feuchtigkeits-Einflusses, der ja hauptsächlich für Widerstände von hohem Betrag in Betracht kommt, verbreiten läßt.

Nach den kürzlich in der Reichsanstalt angestellten Versuchen unterliegt es keinem Zweifel, daß sich durch eine kleine Abänderung in der üblichen Herstellung der Widerstände — *Versehen der Metallspule mit Längsschlitzen, um sie etwas nachgiebig zu machen* — der Einfluß der Feuchtigkeit so gut wie vollkommen beseitigen läßt. Die Versuche werden fortgesetzt.

Jedenfalls wird es unter Beachtung der von den Hrn. Rosa und Babcock aufgedeckten Fehlerquelle möglich sein, die Genauigkeit von Präzisions-Widerstandsmessungen in Zukunft noch weiter zu treiben, als es bisher schon der Fall war, und es ist erfreulich, daß die ausgezeichnete Brauchbarkeit des Manganins als Widerstandsmaterial nunmehr auch vom *Bureau of Standards* in vollem Umfang bestätigt wird.

8. Glassorte für Ohm-Rohren.

Einer auf der Charlottenburger Internationalen Konferenz von 1905 gefaßten Resolution entsprechend ist untersucht worden, ob sich die Jenaer Glassorte 59^{III} zur Herstellung von Quecksilber-Normalrohren eignet. Unter einer ersten Sendung von 10 *kg* fanden sich bereits genügend viele gut kalibrische Röhren, jedoch war das Lumen noch etwas zu groß. Eine zweite Sendung entsprach den zu stellenden Bedingungen auch hinsichtlich des inneren Durchmessers, sodaß der Verwendung dieser Glassorte zu Ohm-Röhren nichts im Wege stehen dürfte.

C. Referat für die Elektrischen Prüfämter[1]).

1. Prüfämter

Außer dem im Anfang des Jahres 1907 in Tätigkeit getretenen Elektrischen Prüfamte zu Bremen sind in dem Berichtsjahre keine neuen Prüfämter eingerichtet worden.

Die Beschäftigung hat sich bei den drei an Elektrizitätswerke angegliederten Prüfämtern 3, 6 und 7 in befriedigender Weise entwickelt; im übrigen ist sie gering geblieben, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen ist:

[1]) Feußner.

Prüfamt	Anzahl der an Elektrizitätszählern ausgeführten		
	Prüfungen	Nacheichungen	Ausbesserungen
1 zu Ilmenau	35	6	9
2 „ Hamburg	389	75	220
3 „ München	13612	8276	3587
4 „ Nürnberg	340	4	4
5 „ Chemnitz	36	—	11
6 „ Frankfurt a. M. . .	4948	2211	568
7 „ Bremen	1707	49	199
zusammen	21067	10621	4598

Außer den verstehenden Arbeiten an Elektrizitätszählern wurden von den Elektrischen Prüfämtern zahlreiche Leerlaufprüfungen von Uhrenzählern (1806 in Bremen), Regulierungen und Ausbesserungen von Tarifuhren (414 in Frankfurt), Prüfungen von Meßgeräten und Installationsmaterialien für die zugehörigen Elektrizitätswerke, Dauerversuche mit Zählern und Revisionen elektrischer Anlagen ausgeführt.

Hinsichtlich des Ortes der Prüfung haben etwa ebensoviele Prüfungen in den Amtsräumen wie bei den Abnehmern stattgefunden; bei den Prüfämtern 1 und 3 überwiegen die bei den Abnehmern angestellten Prüfungen, bei den übrigen Ämtern die im Laboratorium vorgenommenen. Von allen Ämtern wird wegen geringeren Zeitaufwands und größerer Genauigkeit den Arbeiten im Laboratorium der Vorzug gegeben, doch stehen oft keine Ersatzzähler für die Zeit der Fortnahme der Zähler aus der Anlage zur Verfügung.

Das Prüfungsverfahren besteht im allgemeinen noch in einer gleichzeitigen Messung des Stromes und der Spannung (bezw. der Leistung bei Wechselstrom) mit genauen Zeigermeßgeräten und der Zeit mit einer $^1/_5$ Sekunden-Uhr, doch sind in einem Prüfamte auch Versuche mit einem Eichzähler gemacht worden, welche vorläufig befriedigt haben. Das letztere Verfahren bietet namentlich bei Massenprüfungen gleichartiger Zähler und bei Prüfungen am Verwendungsorte Vorteile wegen des geringeren Zeitaufwands und der Unempfindlichkeit gegen Spannungs- und Belastungsschwankungen. Dazu kommt, daß die besten Zeigermeßgeräte, welche zurzeit hergestellt werden, sich bei dem Gebrauche im Laboratorium zwar recht gut halten, bei der fortgesetzten Beförderung von einem Verwendungsorte zu einem anderen aber eine sehr sorgfältige Behandlung erfordern und trotzdem häufig Änderungen der Angaben erleiden. Die auswärts gebrauchten Prüfgeräte müssen deshalb einer ständigen Kontrolle unterwerfen und oft ausgebessert und nachgeeicht werden. In der Prüferdnung (*S. 25*) war bereits vorgesehen, daß die Gebrauchsnormale und Prüfgeräte einer vierteljährlichen und nötigenfalls häufigeren Kontrolle durch die Prüfamtsvorsteher unterzogen werden sollten. Es ist nun bei der jährlichen Besichtigung der Prüfämter von diesen der Wunsch ausgesprochen werden, genauere Vorschriften für die Ausführung dieser Kontrollen zu erhalten. Deswegen ist eine Anleitung für die Vornahme der Kontrolle der Normale in der Reichsanstalt in Bearbeitung; für die Instandhaltung der Prüfgeräte könnten dabei zunächst nur vorläufige Regeln angegeben werden, weil die Bauart dieser Apparate eine verschiedenartige und nicht einfache Behandlung bei den Ausbesserungen und Neueichungen erfordert.

2. Systemprüfungen. Dreizehn Zählersysteme sind zur Systemprüfung angemeldet und die folgenden sieben zur Beglaubigung zugelassen worden (Anh. Nr. 3):

System 21: *Motorzähler für Gleichstrom* der Formen BG und BGW der Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G. in Berlin.

„ 22: *Induktionszähler für Drehstrom*, Form FU, der Siemens-Schuckert Werke in Nürnberg.

„ 23: *Induktionszähler für Wechselstrom*, Form W 10, der Siemens-Schuckert Werke in Nürnberg.

Digitized by Google

System [24]: *Induktionszähler für Wechselstrom*, Form TE, hergestellt von den Isaria-Zähler-Werken in München.

„ [25]: *Bergmann-Zähler für Wechselstrom*, Form BFM, hergestellt von den Bergmann-Elektrizitätswerken in Berlin.

„ [26]: *Bergmann-Zähler für Drehstrom mit gleichbelasteten Zweigen*, Form BDS, der Bergmann-Elektrizitätswerke A.-G. in Berlin.

„ [27]: *Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom*, Form LJ, und *für Drehstrom mit gleichbelasteten Zweigen*, Form LM und LO, hergestellt von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

Außerdem wurden in das System [15], welches die von den Siemens-Schuckert Werken in Nürnberg hergestellten Induktionszähler für Wechselstrom der Form W_2 enthält, noch Dreileiterzähler und Zähler mit anderer Schaltung aufgenommen.

3. Meßwerkzeuge.

Eine neue Form des Kompensationsapparats, von welcher ein Muster bereits in den Jahren 1900 und 1901 in der Reichsanstalt hergestellt worden ist, wurde in Verbindung mit der Firma Siemens & Halske weiter ausgebaut. Dieselbe soll neben Verbesserungen der mechanischen Einrichtung die Anwendung des Kompensationsverfahrens vereinfachen und seine Genauigkeit erhöhen.

Es wurden Versuche in Angriff genommen über Fadengalvanometer, welche sich zum Gebrauch bei den Prüfämtern und in sonstigen praktischen Betrieben eignen.

D. Magnetisches Laboratorium[1]*.*

1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten.

Geprüft wurden

I. Meßapparate.

Magnetisierungsapparate (nach Koepsel-Kath) der Firma Siemens & Halske A.-G.	1

II. Materialien.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für unmagnetisches Material (Nickelstahl)	38
„ Stahlguß, Gußeisen u. s. w.	25
„ Magnetstahl in Stabform	6
„ Hufeisenmagnete	15
„ Dynamoblech	45

und zwar wurden 19 von den letzteren Proben statisch, 26 wattmetrisch untersucht.

2. Vergleichung von Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Das schon seit mehreren Jahren zu Koerzitivkraft-Bestimmungen benutzte, aber nur provisorisch aufgestellte, kompensierte Magnetometer nach Kohlrausch und Holborn wurde definitiv montiert, sodaß es nunmehr auch zu absoluten Messungen Verwendung finden kann. Die Genauigkeit der Justierung und die Richtigkeit der für das Instrument ermittelten Konstanten wurde durch die Untersuchung eines Ellipsoids kontrolliert, dessen Magnetisierungskurve aus der Untersuchung mit dem gewöhnlichen Magnetometer bekannt war.

Bei der Untersuchung von Materialien von abnorm hoher Remanenz im Joch hatte es sich herausgestellt, daß der Verlauf der Jochscherung nicht nur von der Größe der Koerzitivkraft, sondern auch von der Höhe der Remanenz in beträchtlichem Maße abzuhängen scheint. Es wird deshalb für eine Anzahl von Materialien mit möglichst verschiedener Remanenz, welche in Zylinderform bereits im Joch untersucht sind, die absolute Magnetisierungskurve nach Abdrehen der Stäbe zum Ellipsoid mittels des Magnetometers festgestellt und die Jochscherung neu bestimmt werden.

Da bei den erwähnten Untersuchungen der Polabstand der Ellipsoide und bei der Bestimmung der Anfangspermeabilität von Stäben mittels des Magnetometers auch der Polabstand der Stäbe in die Rechnung eingeht, so wurde derselbe an einem Ellipsoid und an einem weichen Stahlgußstab durch Ablenkungsbeobachtungen aus verschiedenen Entfernungen

[1]) Gumlich, Vollhardt.

experimentell bestimmt, und zwar beim Stab für 7 verschiedene Induktionen zwischen $\mathfrak{B} = 300$ und $\mathfrak{B} = 18000$. Es ergab sich, daß für die hierbei in Betracht kommende Definition der Pole als der Fernwirkungszentren des Magnets der Polabstand beim Ellipsoid den rechnerisch ermittelten Wert 0,77, mal der Länge besitzt (vgl. Gans, *Elektrotechn. Zeitschr. 28, S. 529. 1907*), während nach der anderen Definition der Pole als der Schwerpunkte des freien Magnetismus der Polabstand bekanntlich $^2/_3$ der Ellipsoidlänge beträgt (vgl. z. B. Ewing, Magnetische Induktion in Eisen u. s. w. Deutsche Ausg. *S. 25*).

Bei dem Stab vom Dimensionsverhältnis 55 wurde, wie zu erwarten war, ein von der Höhe der Magnetisierung abhängiger Polabstand gefunden, der allerdings von $\mathfrak{B} = 300$ bis zu $\mathfrak{B} = 12000$ nur sehr wenig abnimmt und für dies Bereich mit dem gewöhnlich angegebenen Wert ($^2/_3$ der Länge) innerhalb der Beobachtungsfehler übereinstimmt, dann aber stark ansteigt, um bei $\mathfrak{B} = 18000$ auf etwa 0,97 zu wachsen. Der ganze Gang der Änderung des Polabstandes entspricht hierbei nahe demjenigen, welchen Holborn früher für den anders definierten Polabstand gefunden hatte, allein die absoluten Beträge unterscheiden sich, wenigstens für niedrige Magnetisierung, beträchtlich.

3. Anfangspermeabilität. Die Messungen der Magnetisierbarkeit durch kleine Kräfte (Anfangspermeabilität) sind fortgesetzt worden. Sie wurden bisher zumeist an den vorfügbaren zylindrischen Stäben im Joch ausgeführt; es scheint jedoch, als ob sie unter Umständen durch das Joch selbst beträchtlich gefälscht werden könnten, was vielleicht u. a. auf den auch bei sorgfältigster Entmagnetisierung noch zurückbleibenden Magnetismus des Jochs und auf die durch das Joch vergrößerten Nachwirkungserscheinungen zurückzuführen sein könnte. Es werden nun zur Kontrolle einerseits an den betreffenden Stäben oder Ellipsoiden Messungen mit dem Magnetometer vorgenommen, andrerseits sind auch mehrere Ringe aus identischem Material hergestellt und bewickelt worden, welche eine einwandfreie ballistische Messung zulassen. Leider wird die erste Methode beeinträchtigt durch die geringe Empfindlichkeit des Magnetometers, die zweite durch die Ungleichmäßigkeit namentlich des gewalzten Materials.

4. Versuche über die Gleichmäßigkeit gewalzten Materials. Daß die Gleichmäßigkeit des Dynamoblechs in magnetischer Beziehung mitunter viel zu wünschen übrig läßt, und daß auch die weitere mechanische Bearbeitung desselben nicht nur eine mechanische, sondern auch eine magnetische Härtung hervorbringt, ist bekannt, doch liegen nur sehr wenig gelegentliche Messungen hierüber vor. Da nun vielfach seitens der Dynamoblechlieferanten auf Grund vereinzelter Messungen weitgehende Garantien gegeben worden, deren Nichterfüllung zu kostspieligen Prozessen führt, so erschien es im Interesse der Technik erwünscht, durch Messungen an verschiedenen Materialien namentlich die Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften von der Walzrichtung festzustellen und weiter auch ein Urteil über den Einfluß der Härtung zu gewinnen, welchen eine für die Jochmessung, den Koepsel-Kathschen Magnetisierungsapparat oder die du Bois-Wage bestimmte Blechprobe durch das Herausschneiden aus der Blechtafel u. s. w. erleidet. Die Versuche, welche eine z. T. unerwartet hohe Abhängigkeit von der Walzrichtung und der Bearbeitung ergeben haben, sind dem Abschluß nahe.

5. Änderungen der magnetischen Eigenschaften des Stahlgusses nach dem Ausglühen. Mit der unter *6.* besprochenen Tatsache des Alterns, d. h. der Verschlechterung des magnetischen Materials durch andauernde Erwärmung auf etwa 100°, dürfte die Erscheinung in einer gewissen Beziehung stehen, daß die durch geeignetes Glühen in hervorragendem Maße verbesserten Stahlgußproben schon durch bloßes Lagern bei gewöhnlicher Temperatur im Zeitraum von etwa $^1/_2$ Jahr eine nicht unbeträchtliche Änderung ihrer magnetischen Eigenschaften erfahren, indem die Koerzitivkraft und somit auch der Hystereseverlust wächst, die Remanenz und die Permeabilität für kleine und mittlere Induktionen abnimmt, während sich die Permeabilität im Sättigungsgebiet wenig zu ändern scheint. Diese Tatsache verdient nicht nur seitens der Dynamoblechfabrikanten Berücksichtigung, sondern wird auch da beachtet werden müssen, wo es sich um Herstellung von Normalproben in Stab- oder Blechform für die Magnetisierungsapparate handelt. Derartige Normale sollten stets nur aus altem, abgelagertem und am besten aus siliziumhaltigem Material hergestellt und von Zeit zu Zeit einer Nachprüfung unterworfen werden.

Digitized by Google

6. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Eisenlegierungen.

Die an einer Anzahl gewöhnlicher Stahlguß- und Dynamoblechsorten begonnenen orientierenden Versuche über den Einfluß des Ausglühens u. s. w. sind ziemlich abgeschlossen und ihre Ergebnisse den durch Lieferung von Probematerial, Analysen u. s. w. beteiligten Firmen bereits mitgeteilt worden. Die im vorigen Bericht erwähnten Glühversuche bei 660°, 735°, 785° und 900° wurden noch durch Versuche bei 840°, 950° und 1000° erweitert. Hierbei gelang es, gewöhnliches käufliches Material so weit zu verbessern, daß die Koerzitivkraft nur noch 0,37, der Steinmetzsche Koeffizient η für $\mathfrak{B} = 10000$ nur etwa 0,00045 betrug, während die Maximalpermeabilität auf über 14000 stieg (die entsprechenden Werte bei vorzüglichem unlegierten Material waren bisher etwa 0,7 bis 1,0; 0,0012 bis 0,0015 und 4000 bis 6000). Leider haben aber die Materialien durch längeres Liegen einen, wenn auch kleinen, Teil ihrer vorzüglichen Eigenschaften wieder eingebüßt (vgl. 5.).

Nachdem die günstigsten Glühtemperaturen für die vorliegenden Materialien an dünnen, im elektrischen Röhrenofen geglühten Stäben und Blechbündeln ermittelt worden waren, wurden auch größere Mengen derselben Proben im Gasofen geglüht, sowohl wattmetrisch mit dem Möllingerschen Apparat, als auch statisch mittels besonderer Wickelung untersucht und mit den von den Firmen geglühten Proben derselben Charge verglichen. Wenn auch die im elektrischen Röhrenofen vorhandenen günstigsten Bedingungen im Gasofen nicht zu realisieren waren, so zeigten sich doch die in der Reichsanstalt ausgeglühten Proben den von den Firmen ausgeglühten in rein magnetischer Beziehung durchweg und zum Teil sehr beträchtlich überlegen. Dagegen hatte das magnetisch weichere, in der Reichsanstalt geglühte Material auch eine größere elektrische Leitfähigkeit erhalten, sodaß infolge der vergrößerten Wirbelströme auch der Gesamtverlust wieder etwas erhöht wurde. Die Verringerung der Verlustziffer betrug daher im Mittel nur etwa 15%, in einem Falle allerdings 36%, zugunsten der in der Reichsanstalt behandelten Proben. Da bei den dünnen, im Röhrenofen geglühten Blechbündeln die Bestimmung der „Verlustziffer" ausgeschlossen war, so wurde als Maßstab für die sogenannte „Alterung" die durch 600-stündige Erwärmung auf 100° eintretende Vergrößerung der Koerzitivkraft gewählt, da unter sonst gleichen Verhältnissen durch die Koerzitivkraft die Breite der Hystereseschleife und somit auch die Größe des Hystereseverlustes bestimmt wird, während sich die Leitfähigkeit und somit der Wirbelstromverlust, wie durch die Versuche festgestellt wurde, infolge dauernder Erwärmung nicht merklich ändert. Die sämtlichen Proben wurden einmal oder mehrmals einem Alterungsprozeß in verschiedenen Gasen unterworfen. Es ergab sich hierbei, daß die Alterung nicht nur abhängt von der ursprünglichen Beschaffenheit des Grundmaterials, sondern auch von der Höhe und der Art des Ausglühens. Beispielsweise gelang es, ein Altern vollständig bei einzelnen Proben zu vermeiden, die sich bei anderer thermischer Behandlung beträchtlich verschlechterten. Auch die Tatsache, daß sich durch ein geeignetes Verfahren stets die Folgen des Alterns (unter Umständen eine Verschlechterung von mehr als 100%) beseitigen lassen, nicht aber immer die Neigung zum Altern, wurde durch wiederholte Versuche nachgewiesen. Zur völligen Aufklärung dieser Erscheinungen wird voraussichtlich die im Gang befindliche mikrographische Untersuchung durch Hrn. Dr. Goerens in Aachen beitragen.

Für die sämtlichen vorerwähnten Proben wurde die Leitfähigkeit sowie für eine große Anzahl derselben auch der Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit zwischen 20° und 100° ermittelt.

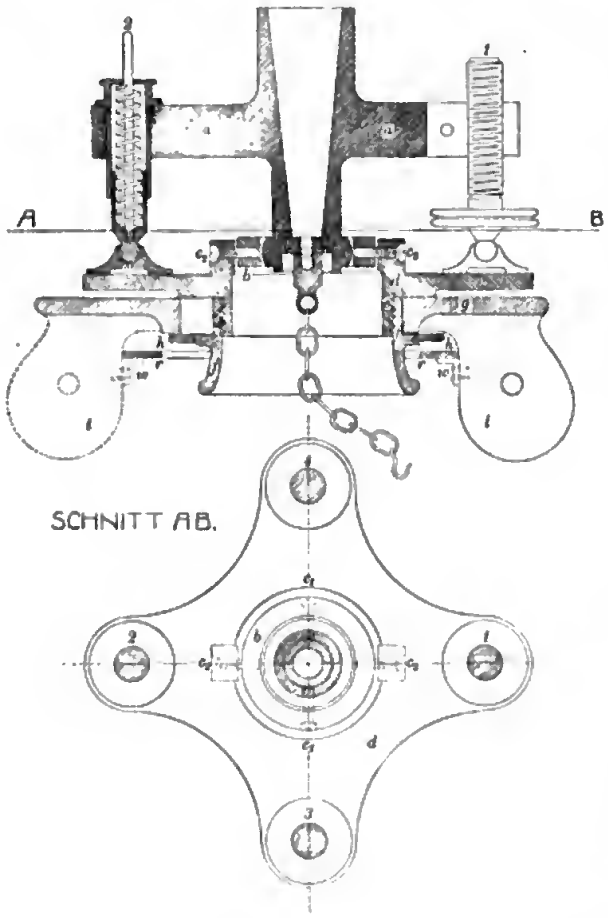
Die weiteren, zum Teil schon begonnenen Untersuchungen beziehen sich auf Legierungen mit Kohlenstoff, Silizium, Aluminium und Mangan von verschiedenem Prozentgehalt, welche in dankenswerter Weise von den Firmen Friedr. Krupp in Essen, Lindenberg in Remscheid-Hasten, Phönix in Ruhrort und vom Bochumer Verein speziell für den vorliegenden Zweck hergestellt und zum Teil von den Feinblechwalzwerken von Caplto & Klein in Benrath, Gebr. Reusch in Hoffnungsthal und dem Eisenwerk Gelsweid in Blechform ausgewalzt werden. (Schluß folgt.)

Referate.

Theodolitunterbau mit kardanischer Einhängung.

Nach dem Instrument.

Die neue Horizontiervorrichtung rührt von der Firma G. Warkentin & M. Krause in Leipzig her. Im wesentlichen ist sie vom Ref. in der *Rundschau f. Technik u. Wirtschaft (Prag) 1. S. 93. 1908* bereits beschrieben worden; jedoch ist die dort angeregte Ergänzung hinsichtlich der Möglichkeit einer genauen Zentrierung neu hinzugekommen. Die Konstruktion erinnert an die bekannte, besonders von Starke & Kammerer in Wien ausgeführte Anordnung, bei welcher die Instrumentaufstellung mittels „Nußbewegung" erfolgt, die durch zwei um 90° voneinander entfernte Stellschrauben und diesen diametral gegenüber stehende Spiralfedern bewirkt wird. Der Fortschritt besteht darin, daß an die Stelle der Nußbewegung, die ungünstige Reibungsverhältnisse aufweist, die Bewegung um zwei zueinander senkrechte Schraubenzapfen (kardanische Einhängung) tritt, die immer leicht beweglich bleiben. Soweit *kleinere* Instrumenttypen in Betracht kommen, kann die neue Horizontiervorrichtung auch mit dem sonst fast ausschließlich gebrauchten Dreifußunterbau in Wettbewerb treten, dem sie durch einfachere Handhabung — rasches Auffinden der beiden aufeinander senkrechten Stellungen der Alhidade und Betätigung von nur *zwei* Stellschrauben beim Aufstellen — überlegen ist.



Die Einzelheiten der Ausführung sind aus der Figur (Grund- und Aufriß) zu ersehen. Die Zentralbüchse, die die Stehachse aufnimmt, endigt in einem wulstförmigen Ansatze, in welchen die Schrauben $c_1 c_1$ eingreifen, die die eine der beiden Achsen der kardanischen Einhängung bilden. Diese haben ihre Schraubenmuttern in dem um die zweite Schraubenachse $c_2 c_2$ drehbaren Ringe *b*. Vier zueinander senkrecht stehende Arme, von denen zwei einander gegenüber liegende *a a* im Aufrisse erscheinen, sind mit der Zentralbüchse aus einem Stück gegossen und nehmen die Stellschrauben 1 und 3 und deren Gegenfedern 2 und 4 auf. Die beiden Achsen der kardanischen Einhängung $c_1 c_1$ und $c_2 c_2$ sind den Verbindungsgeraden von Stellschraube mit Gegenfeder — 3 4 und 1 2 — parallel. Wird die Schraube 1 verstellt, so dreht sich das ganze Instrument um die Achse $c_1 c_1$. Schraubt man bei 3, so kippt das Instrument um die zur vorigen senkrechte Achse $c_2 c_2$.

Mit diesem Unterbau vollzieht sich die Aufstellung der Stehachse sehr einfach. Man stellt die Alhidadenlibelle (beim Nivellier: Fernrohr samt Libelle) in die Richtung zweier Gegenarme *a a* und bringt diese Libelle mit der Stellschraube zum Einspielen. Dann dreht

man die Alhidade um 90° (in die Richtung der anderen beiden Gegenarme) und wiederheit das Verfahren mit der anderen Steilschraube.

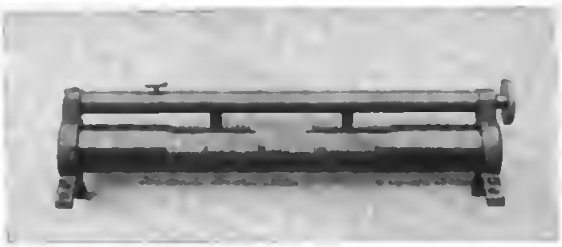
Die Verbindung des Instruments mit dem Stativkepfe ist derartig ausgeführt, daß zugleich eine scharfe Zentriernng möglich ist. Zur Schraube e der Grundplatte d gehört die Mutter f, deren Durchmesser kleiner ist als jener der Mittelöffnung des Bronzeteiiers g des Stativs; dadnrch ist die zur scharfen Zentrierung erforderliche geringe Beweglichkeit des Instrumentes auf dem Stativkopfe erzielt. Wird dann f vollkommen angezogen, so schließt der Ringansatz h der Mutter f fest an die Unterseite von g an. Wird die Verbindung von Instrument und Stativ gelöst, so fängt der Ring r, der mit den Winkeln w fest verbunden ist, die Schraubenmutter f anf. Die Winkel w sind mit den drei Lappen l des Stativkopfes verschraubt. Der im Anfrisse links dargestellte Lappen l hätte eigentlich verkürzt gezeichnet werden sollen, ist aber der besseren Übersicht wegen in die Bildebene gedreht gedacht.

Die neue Einrichtung wurde vor ungefähr 1½ Jahren eingeführt und hat sich seither gut bewährt. *Dr. A. Haerpfer in Prag.*

Zwicky-Reißsche Libelle mit Scheurers Skalenhalter.

Nach dem Instrument.

Über die Zwicky-Reißsche Libelle (D.R.P. Nr. 160696), an der die Berichtigung der Libelle nicht durch Verlegung der Libellenachse und der fest damit verbundenen Skale, d. h. dnrch Verlegung des ganzen Libellengiases gegen die Fassung, sondern dnrch Längsverschiebung der vom Libellenglas getrennten Libellenteilnng auszuführen ist, ist hier schon zweimal berichtet (*diese Zeitschr. 26. S. 30, 128. 1906*). Nenerdings hat Hofmechaniker Schenrer in Karlsruhe eine kleine Abänderung ausgeführt (D.R.G.M. 306670), darin bestehend, daß die zwei Halter der Skale dnrch ein Rohr verbunden sind, das die Bewegungsschranbe umhüllt, die ihrerseits in einem zweiten Rohr sich befindet; der Kopf dieser Schranbe zur Verschiebung der Skale ist am *Ende* der Libelle angebracht. Die Unterschiede nnd Vorteile gegen die seitherige Anordnung bestehen in folgendem: die Libelle hat dnrch die Verbindung der zwei Skalenhalter erhöhte Stabilität erhalten; zngleich ermöglicht das Verbindungsrohr die Anwendnng einer von *beiden* Seiten sichtbaren Glasskale, und die Schraube selbst ist gegen Beschädigung und gegen Staub geschützt; bei feinern Libellen ferner ist die Handwärme beim Angreifen des jenseits des Skalenhalters befindlichen Kopfs der Bewegungsschraube weniger schädlich, als bei der bisherigen Anordnung. Bemerkt sei noch, daß das kleine Klemmschräubchen znm Festhalten der Skale in einer bestimmten Lage, das in der Figur oberhalb des Rohrs sichtbar ist, bei der für den Ref. gelieferten Libelle, einer Setzlibelle zum Horizontaliegen der Glasplatte eines künstlichen Horizonts mit kleinem Holzdach, seitlich am einen Skalenhalter angebracht ist. *Hammer.*



Ein Ausdehnungspyrometer.

Von Ch. Féry. *Journ. de phys. 6. S. 889. 1907.*

Im Jahre 1904 hat Féry ein Pyrometer beschrieben, bei dem die Strahlung der Wärmequelle auf die im Brennpnnkt eines Hohlspiegels befindliche geschwärzte Lötstelle eines Thermoelementes fällt. Da es sich hier um die Gesamtstrahlung handelt, so ist die absorbierte Energie nnd die dadnrch hervorgerufene Erwärmung der Lötstelle nach dem Gesetz von Stefan-Boltzmann der 4. Potenz der gesuchten Temperatnr proportional. Um die Angaben des Instrumentes unabhängig von der Entfernnng zwischen Pyrometer und Objekt zu machen, wurde eine besondere Einrichtnng getroffen (vgl. *diese Zeitschr. 27. S. 94. 1907*).

Nun hat der Verf. ein neues Pyrometer konstruiert, das ebenso auf dem Gesetz der Gesamtstrahlung beruht und gewisse Ähnlichkeit mit dem früheren Instrument besitzt, aber jede elektrische Messung und die Anwendung eines Galvanometers unnötig macht. An die Stelle, an der sich früher die Lötstelle des Thermoelementes befand, ist jetzt eine Spiralfeder gesetzt, die aus zwei sich thermisch verschieden ausdehnenden Metallen besteht. Die Feder ist geschwärzt; sie ist 0,02 *mm* dick, 2 *mm* breit, und der äußere Durchmesser der Spirale beträgt ebenfalls 2 *mm*. Mit der Feder verbunden ist ein Zeiger, der auf einer Skale spielt, auf der direkt die Temperaturen abgelesen werden können. Die Unabhängigkeit der Angaben von der Entfernung wird ebenso erreicht wie bei dem erwähnten früheren Pyrometer. Der Zustand der Spiralfeder und somit die Einstellung des Zeigers hängt von der Temperatur des ganzen Apparates ab, der durch eine blanke Nickelhülle vor direkter Bestrahlung möglichst geschützt ist. Durch eine kleine Stellvorrichtung ist es möglich, den Zeiger vor jeder Ablesung auf den Nullpunkt zurückzuführen, ohne das Instrument öffnen zu müssen. Der Meßbereich des Apparates erstreckt sich in der beschriebenen Konstruktion je nach den gewählten Blenden von 600° bis 1300° oder 1200° bis 2000° C. *Hng.*

Eine Form des Kosinus-Flimmerphotometers.

Von J. S. Dew. *Phil. Mag.* ***14.*** *S. 644. 1907.*

Die Anordnung des Photometers ist aus Fig. 1 u. 2 ersichtlich. Der rechtwinklige Ritchiesche Gipskeil P ist gleich weit von den beiden zu vergleichenden Lichtquellen L_1 und L_2 entfernt. Über P ist unter 45° gegen die horizontale Kante k ein Spiegel M angebracht, welcher in Verbindung mit den beiden Linsen C_1 und C_2 ein reelles Bild von P am Orte

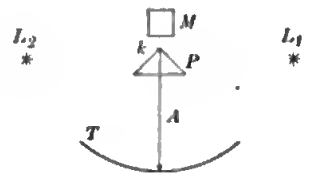


Fig. 1.

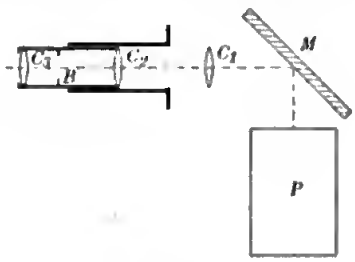


Fig. 2.

der Blende B erzeugt. Der Beobachter blickt mittels der Linse C_2 auf B. Wenn C_1 in Ruhe ist, sieht er das in Fig. 3a angegebene Gesichtsfeld, falls die eine Lichtquelle rotes, die andere grünes Licht ausstrahlt. Er stellt dann auf gleiche Helligkeit des roten und grünen Feldes ein. Durch einen Motor läßt sich die Linse C_1 in der Ebene senkrecht zu ihrer Achse in eine hin und her gehende Bewegung versetzen. In diesem Falle ergibt sich das in Fig. 3b gekennzeichnete dreiteilige Gesichtsfeld. Der Beobachter kann dann auf Aufhören des Flimmerns im mittleren Felde einstellen. Wenn man C_1 so schnell bewegt, daß das Flimmern überhaupt verschwindet, kann man auch das Gleichheitsprinzip verwerten; die Vergleichung wird hierbei durch den Umstand erleichtert, daß das mittlere Feld in der Mischfarbe der beiden anderen leuchtet.

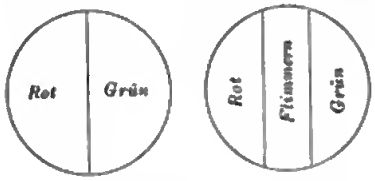


Fig. 3.

Die Einstellung erfolgt, indem man P mittels des Armes A (Fig. 1) um k dreht. A spielt über einer Kreisteilung T, welche nach dem Lambertschen Kosinus-Gesetz mittels der Formel

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{\cos(45 - \theta)}{\cos(45 + \theta)}$$

berechnet ist und direkt das gesuchte Lichtstärkenverhältnis angibt. In dieser Formel bezeichnet θ den Winkel, um welchen man P aus derjenigen Stellung drehen muß, in der die

beiden Seiten von P, also die beiden Photometerfelder, gegen die Linie $L_2 L_1$ gleich geneigt sind. Der gebräuchlichste Teil dieser Skale liegt zwischen 0,2 und 5. An diesen Grenzen, denen Einfallswinkel von rund 10° und 80° entsprechen, sind die Ablesungen nach den Versuchen von Dow noch auf etwa 3% genau. Dies stimmt ungefähr mit den Ergebnissen von Matthews überein, nach denen Gips für Einfallswinkel von 0° bis 50° das Kosinus-Gesetz befolgt und bei 75° eine Abweichung von etwa 5% zeigt. Übrigens läßt sich der Einfluß der auftretenden Fehlerquellen, wie Verf. mit Recht hervorhebt, durch Anwendung der Substitutionsmethode auf ein Minimum zurückführen. Besser noch wäre es, einen Schritt weiter zu gehen und die ganze Skale teils rechnerisch, teils empirisch zu bestimmen, wie es Krüß bei dem Krüß-Wingenschen Beleuchtungsmesser tut.

Die Flimmermethode von Dow ist, worauf Verf. selbst hinweist, eine Modifikation derjenigen von Rood, über welche in *dieser Zeitschr. 20. S. 190. 1900* berichtet ist. Denn Rood läßt eine Zylinderlinse vor P, Dow eine sphärische Linse vor dem virtuellen Bilde von P oszillieren. Als Vorzug seines Photometers hebt Verf. hervor, daß weder die beiden zu vergleichenden Lichtquellen, noch der Photometerkörper verschoben werden, sodaß der Beobachter seinen Standpunkt nicht zu verändern braucht.

Unter Benutzung dieses Photometers fand Dow nach der Methode der gleichen Helligkeit und der Flimmermethode bei nicht allzu großen Farbenunterschieden nahezu dieselben Werte. Für gleichfarbige Lichtquellen war die Einstellungssicherheit bei beiden Methoden die gleiche; für sehr verschieden gefärbte Lichtquellen erwies sich die Flimmermethode als die günstigere.

Nachdem der Verf. noch einen Vorschlag für die Verwertung des Kontrastprinzips gemacht hat, ohne jedoch näher darauf einzugehen, berichtet er schließlich über Versuche nach der Crovaschen Methode. Nach dieser Methode blickt man bekanntlich durch eine bestimmte Flüssigkeit hindurch, welche nur einen engbegrenzten Strahlenbezirk in der Nähe der Wellenlänge $\lambda = 0{,}582\,\mu$ durchläßt, auf die Vergleichsfelder, sodaß diese in derselben Farbe erscheinen. Als einen Hauptübelstand dieses Verfahrens bezeichnet Dow bei Einstellung auf gleiche Helligkeit die hierzu erforderliche relativ große Schichtdicke und die dadurch bedingte geringe Helligkeit des Gesichtsfeldes. Bei Benutzung des Flimmerprinzips genügte jedoch schon eine 3 *mm* dicke Schicht. Verglichen wurde Kohlenfadenlampe mit Nernst-Lampe, Argand-Gasbrenner mit Gasglühlichtbrenner, gewöhnliche Bogenlampe mit Gasglühlichtbrenner bezw. Argand-Gasbrenner, Flammenbogenlampe mit Argand-Gasbrenner. In allen diesen Fällen stimmten die Mittelwerte einer Beobachtungsreihe mit und ohne Crova-Schirm recht gut, in den beiden ersteren Fällen auf 2% überein.

Diese Übereinstimmung ist überraschend, da die Crovasche Methode zunächst nur für den Vergleich von Carcel-Lampe und Sonnenlicht gilt. Dow erklärt sich die Übereinstimmung beim Vergleich der erwähnten Lichtquellen mit kontinuierlichem Spektrum durch die Tatsache, daß das Auge für Licht in der Nähe der oben angegebenen Wellenlänge am empfindlichsten ist.

Für den Vergleich von verschieden gefärbten Lichtquellen mit kontinuierlichem Spektrum empfiehlt Dow auch gelbe Photometerschirme, welche nur Strahlen in der Nähe von $\lambda = 0{,}582\,\mu$ reflektieren. Nach Ansicht des Ref. ist jedoch anzunehmen, daß solche Schirme ihre selektiven Eigenschaften im Laufe der Zeit durch Verstauben (oder Beschmutzen) ändern werden.

Für Lichtquellen, deren Spektra nur aus einzelnen Spektrallinien bestehen, z. B. Quecksilberbogenlampen, hält auch Dow die Crovasche Flüssigkeit und gelbe Schirme nicht für anwendbar. *E. Lb.*

Bücherbesprechungen.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 3. Bd. Landes-Vermessung und Grundaufgaben der Erdmessung. 5., erweit. Aufl., bearb. v. weil. Prof. Dr. C. Reinhertz. Mit Vorwort von E. Hammer. gr. 8°. VIII, 678 u. 72 S. m. Fig. Stuttgart, J. B. Metzler 1907. 15 M.

Die 5. Aufl. des III. und letzten Bandes von Jordans Handbuch der Vermessungskunde ist der 4. Aufl. gegenüber durch den Bearbeiter, den verstorbenen Prof. Dr. C. Reinhertz, etwas stärker verändert, insbesondere auch, wie schon der Umfang bekundet, erweitert worden, als es bei den Neubearbeitungen der beiden vorangegangenen Bände (6. Aufl. des II. 1904, 5. Aufl. des I. 1904) der Fall war. Es ist hier nur kurz auf den Inhalt eines Buches einzugehen möglich, dessen überwiegend größter Teil der *Berechnung* der Messungen der höhern Geodäsie gewidmet ist. Immerhin möchte ich zunächst auf die Veränderungen der 5. Aufl. gegen die 4. aufmerksam machen. In den Kapiteln I bis III ist wenig verändert (doch z. B. die Basismessung umfassender dargestellt), in IV jetzt alles auf die sphärische Dreiecks- und Koordinaten-Berechnungen der Landesvermessung (nebst einfachem Übergang auf das Ellipsoid für lineare und für geographische Koordinaten) sich Beziehende im Zusammenhang behandelt; der Inhalt der Kap. VI bis VIII der vorigen Aufl. bildet den der jetzigen Kap. V bis VII, während die frühern Kapitel IX und X jetzt in VIII (Polardreieck mit reduzierten Breiten und allgemeine Theorie der geodätischen Dreiecke) zusammengezogen sind. Ebenso sind XI und XII der letzten Aufl. jetzt in IX, Grundaufgaben der Erdmessung, vereinigt und etwas erweitert. Neu hinzugekommen ist durch Reinhertz ein kurzes Kap. X, „Orientierung eines Dreiecksnetzes durch Polhöhe und Azimut“ (mit Benutzung von Albrechts „Formeln und Hülfstafeln für geographische Ortsbestimmungen“. 3. Aufl., Leipzig 1894, bearbeitet), über dessen Notwendigkeit oder Zweckmäßigkeit man angesichts der zahlreichen ausführlichen Werke über diesen Gegenstand zweifelhaft sein kann.

Was die *Instrumentenkunde* angeht, so kommen für sie eigentlich nur Teile des I. Kapitels in Betracht; die § 4 bis 7 besprechen: Heliotrope (die neusten Formen der amerikanischen Modelle fehlen); Schraubenfehler und Teilungsfehler (an den großen Theodoliten für Landesvermessungs- und Erdmessungstriangulationen); Anordnung der Winkelmessung, Allgemeines über die Theodolite; Genauigkeit der Winkelmessung, Seitenrefraktion; sodann § 8 und 9: Längenmaße und Maßvergleichung, Normalmaße, Komparatoren; § 10 bis 17 Basismessung: Allgemeines über Grundlinienmessung und ältere Messungen, Besselscher Basismeßapparat und Maßbestimmungen dazu, Ausführung der Basismessung; Basisapparate mit isolierten Mikroskopen (Ibañez-Bruuner, Preuß. Geodät. Institut, Repsold, Woodward, Eimbeck), Maß- und Temperaturbestimmungen für bimetallische Stäbe, Basismessung mit Metall-Drähten und -Bändern, Genauigkeit der Basismessung und Anordnung der Grundlinien. In Beziehung auf die „Anordnung der Grundlinien“, Länge und Verteilung im Dreiecksnetz, wird die Verbesserung und Vereinfachung des Jäderinschen Verfahrens durch die Einführung des Invar schon in naher Zukunft sicher Veränderungen gegenüber unsern jetzigen Anordnungen und Vorstellungen zur Folge haben. Schon § 18, Basisnetze, ist theoretisch-rechnerischer Natur, die nächsten Paragraphen betrachten Fehler und Fehlerfortpflanzung in Dreiecksnetzen und Basisanschlüsse, und die folgenden Kapitel II bis VIII, § 24 bis 96, sind durchaus der *Berechnung* der Triangulierungen gewidmet. Auch im Kap. IX, Grundaufgaben der Erdmessung, ist auf die instrumentellen Hülfsmittel nirgends mehr zurückgegriffen, z. B. wird selbst in den von Reinhertz beigefügten § 107 und 108 über Schwerkraft und Niveauflächen an der Erdoberfläche bei Erwähnung der g-Messungen der Pendelapparat nicht vorgeführt, der nach v. Sterneck jetzt seit 20 Jahren in der Regel zur relativen Ermittlung der g-Werte dient. Im letzten Kapitel X, das, wie bereits angeführt, der direkten Bestimmung der Polhöhe des Standpunkts und des Azimuts einer von ihm ausgehenden terrestrischen Richtung gewidmet ist, werden in § 111 „die Instrumente“ (und die Korrektionen der Beobachtungen) kurz besprochen, nämlich das Universal, wobei jedoch meist auf Früheres verwiesen wird, und die Beobachtungsuhr, ohne auf die Einrichtung der Uhren einzugehen.

Digitized by Google

Die Messungsmethoden, die in diesem letzten Kapitel behandelt werden, sind absichtlich wenig zahlreich, nämlich (§ 112): Δu aus gemessenen Zenitdistanzen in der Nähe des I. Vertikals, α aus zu bekannter Zeit gemessenen Horizontalwinkeln zwischen Polaris und dem terrestrischen Punkt, φ aus Zirkummeridian- (einschl. Polaris-) Zenitdistanzen; im folgenden Paragraphen sind Zahlenbeispiele durchgeführt, und der übernächste Paragraph geht auch auf Messungen mit Hülfe der Sonne, also untergeordneter Genauigkeit, ein. Alle andern Instrumente, z. B. das Zenitfernrohr mit Horrebow-Libelle für φ, und Methoden, z. B. die neuerdings in den Vordergrund getretenen Methoden der *gleichen* Zenitdistanzen, bleiben ausgeschlossen.

Den Anhang des Bandes bilden ausführliche „Hülfstafeln" zu den theoretisch-rechnerischen Kapiteln (also z. B. *nicht* zu Kap. X).

Wenn nach dieser kurzen Inhaltsübersicht auch die *Instrumentenkunde* nicht in erster Linie an diesem Band des umfassenden Jordanschen Werkes beteiligt ist, so darf dies doch kein Grund sein, nicht auch hier die große Bedeutung des Buches anzuerkennen, aus dem seit drei Jahrzehnten so Viele Belehrung geschöpft haben; und ich schließe auch hier mit dem Wunsche, daß auch nach dem Tod von Reinhertz die Fortführung der drei gewichtigen Bände, die unter anderem wieder auf strafferes Zusammenfassen wird gerichtet sein müssen, in berufene Hände gelegt werden möge. *Hammer.*

Neue Preisliste von Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, in Berlin-Nonnendamm. Preisliste 56 über Meßinstrumente für Laboratorien und Montage. 8°. 69 S. m. Fig. 1907.

Die Neuausgabe dieser Preisliste enthält neben einer großen Zahl bekannter und bewährter Apparate eine Reihe von Neukonstruktionen und Verbesserungen, auf die im folgenden näher eingegangen sein mag.

An sämtlichen Präzisionsinstrumenten fällt eine Neuerung auf, die, auf den ersten Blick unscheinbar, sehr zur Bequemlichkeit des Arbeitenden beiträgt. Es sind nämlich durchweg alle Anschlußklemmen an die Seite des Apparates verlegt, die der Skale benachbart ist. Man kann also alle Leitungen von hinten her zuführen, was namentlich bei höheren Spannungen zweckmäßig ist, und hat trotzdem die Skale aufrecht stehend vor sich.

Unter den mannigfachen, bekannten Formen der Präzisionsinstrumente für Gleichstrom sei als neu hervorgehoben ein Präzisionsstrommesser M. Wr. 7, der beim maximalen Ausschlag nur eine Spannung von 45 Millivolt erfordert und eine Temperaturkorrektion besitzt, sodaß auch eine Dauereinschaltung mit maximalem Ausschlage die Angaben des Apparates als Strommesser nicht verändert. Dank dem geringen Spannungsabfall konnten auch den zugehörigen Nebenschlüssen kleinere Abmessungen als früher gegeben werden.

Unter den Präzisionsapparaten für Wechselstrom ist zunächst ein neuer Leistungszeiger für Drehstrom zu erwähnen, der, aus einer eigenartigen Kombination zweier Wattmetersysteme bestehend, mit *einer* Zeigerablesung die gesamte Leistung, die bei beliebig schiefer Belastung in einem Drehstromsystem verbraucht wird, abzulesen gestattet.

Ganz besonders hervorzuheben sind aber die „Präzisions-Strom- und -Spannungstransformatoren für Meßzwecke". Diese Apparate haben bekanntlich für Wechselstrommessungen dieselbe Bedeutung wie Nebenschlüsse und Vorschaltwiderstände bei Gleichstromapparaten. Sie haben erstens der Bedingung zu genügen, daß das Übersetzungsverhältnis für alle Belastungen dasselbe ist, und zweitens, daß die sekundäre Spannung bezw. der sekundäre Strom gegen die entsprechenden primären Größen in der Phase nicht verschoben ist.

Diese Bedingungen sind bei den Transformatoren von Siemens & Halske praktisch mit großer Annäherung erfüllt. Die Stromwandler, die z. T. zwei bis drei Meßbereiche umfassen, werden für Ströme bis zu 1500 Amp. gebaut; der sekundäre Maximalstrom beträgt bei allen Transformatoren 5 Amp. Präzisions-Spannungstransformatoren werden bis zu 15000 Volt gebaut; die Sekundärspannung beträgt maximal 100 Volt.

Von den Spiegelinstrumenten seien als neu hervorgehoben das Doppelspiegelgalvanometer von Saladin, bei welchem der Ausschlag des einen als Abszisse, der des andern als

Ordinate in einem Koordinatensystem erscheint, weiter das Panzergalvanometer nach du Bois-Rubens mit einer am Panzer angebrachten Einrichtung zur erschütterungsfreien Aufhängung nach Angabe von Hagen und schließlich eine Umkonstruktion des Spiegeleiektrodynamometers.

Weiter sei hingewiesen auf den Oszillographen nach Siemens-Biondel, auf die Meßeinrichtungen zur Bestimmung von Induktionskonstanten, unter denen namentlich die *kleine* Maschine zur Erzeugung von Hochfrequenzströmen manchem eine willkommene Neuerung sein wird, und schließlich unter den Hülfsapparaten auf den Regulliertransformator (sog. Autotransformator) zum Anschluß an 120 oder 220 Volt Wechselstrom zur Herstellung jeder beliebigen Spannung von 0 bis 120 bezw. 220 Volt für die Abnahme von maximal 20 bezw. 10 Amp.

Diese Beispiele, die auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen, mögen genügen zu zeigen, daß viele neue, wichtige Apparate, namentlich für Wechselstrommessungen, in der neuen Preisliste enthalten sind. Eine große Zahl von Abbildungen, auch literarische Hinweise dienen dazu, sich ein richtiges Bild von Zweck und Verwendungsart der Apparate zu machen.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

Annuaire *pour l'an 1908, publié par le Bureau des Longitudes. Avec des notices scientifiques.* 12°. 950 S. m. Fig. Paris, Gauthier-Villars 1908. 1,50 M.

G. Bigourdan, *Distance des Astres et en particulier des Étoiles Fixes.* — H. Deslandres, *Congrès de St.-Louis, Oxford et Meudon de l'Union internationale pour la coopération dans les Recherches Solaires.* — F. Guyou, *École de l'Astronomie pratique de l'observatoire de Montsouris. etc.*

P. Engel, *Déviations des Compas. Étude géométrique; compensation du Compas Thomson.* 8°. 72 S. m. 4 Fig. Paris 1907. 2,40 M.

R. Geigenmüller, Leitfaden u. Aufgabensammlung zur höheren Mathematik. Für techn. Lehranstalten und den Selbstunterricht bearb. II. Bd. Die höhere Analysis ed. Differential- u. Integralrechnung. 6. Aufl. 8°. VIII, 339 S. m. 91 Fig. Mittweida, Polytechn. Buchhandlung 1908. Geb. in Leinw. 7 M.

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw., jedes Bdchn. 0,80 M.

53. B. Sporer, Niedere Analysis. 2., verb. Aufl. 179 S. m. 5 Fig. 1908. — 81. H. Schubert, Vierstellige Tafeln u. Gegentafeln f. logarithmisches u. trigonometrisches Rechnen, in zwei Farben zusammengestellt. 3., verb. Aufl. 128 S. 1908. — 147. F. Junker, Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Integralrechnung. 2., verb. u. verm. Aufl. 135 S. m. 52 Fig. 1908. — 374. G. Jäger, Theoretische Physik. IV. Elektromagnetische Lichttheorie u. Elektronik. 174 S. m. 21 Fig. 1908.

G. J. Gray, *Bibliography of the Works of Isaac Newton, with notes.* 2. Aufl. 4°. Londen 1907. Geb. in Leinw. 5,60 M.

H. Pellat, *Cours d'Électricité. Vol. III: Électrolyse: électrocapillarité, ions et électrons.* 8°. 296 S. m. Fig. Paris 1908. 8 M.

Das vollständige Werk, 3 Bd. 335, 558 u. 296 S. m. Fig. 1901—1908. 31 M.

Notiz.

In dem Referat „Zweite Studie über den Zirkumzenitalapparat“ von Fr. Nuši und J. J. Frič, *diese Zeitschr. 28. S. 78. 1908*, muß es Zeile 14 u. 15 v. o. heißen:

„4. Das Objektiv ist durch eine Blende mit quadratischer Öffnung abgeblendet worden.“

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Juni 1908.** Sechstes Heft.

Zur Theorie der Prismenfernrohr-Objektive.

Von

Dr. H. Harting.

Zweck der folgenden Zeilen ist ein knrzer Hinweis auf den Einfluß, den die Einschaltnng eines ais pianparaiieie Piatte wirkenden reflekticrenden Prismas in den Strahiengang eines Fernrohrobjektives auf dessen Korrektionszustand ansüht. Bekannterweise wirkt die Pianparaiieiplatte in hezng auf die Schnittweiten sphärisch nnd chromatisch überkorrigierend, weshaih man das Objektiv für sich von vornherein nnterkorrigiert. Wenn es aher seine größte Leistnngsfähigkeit zeigen soli — und an die werden ja gerade hei den Prismenfernrohren sehr hohe Anforderungen gestellt — so muß vor aiiem die Sinusbedingung anf das peinlichste erfüiit sein, und zwar in der Form, daß die heiden Kurven der Schnittweiten- und Brennweitenaberrationen so genau wie mögiich zusammenfaiien.

Nun werden die durch den Qnotienten $h : \sin u'$ definierten, kurz ais Brennweiten bezeichneten Größen nicht verändert, wenn hinter das Fernrohrohjektiv die Planparaiieipiatte eingeschaitet wird. Korrigiert man aiso Fernrohr nnd Piatte znsammen in hezug anf die sphärischen Aberrationen der Schnittweiten aus, so mnß eln Fehlerrest in bezug anf die Brennweiten übrig hicihcn, faiis man von einem Objektive ansging, das für sich aiiein aplanatisch war, d. h. hei dem die Aberrationskurven der Schnitt- und Brennweite znsammenfieien.

Dieser Fehier gegen die Sinnshedingung, der dnrch Berücksichtignng des Einflusses der Piatte anf das apianatische Ohjektiv, nämlich dnrch Unterkorrektion der Schnittweiten entsteht, kann merkiich werden, wenn man es mit großen Öffnungsverhäitnissen zu tnn hat, wie sie in der Tat für dle modernen optischen Instrumente mit Biidnmkehrung dnrch reflektierende Prismen gewähit werden. Ich weiß nicht, inwieweit die optischen Anstaiten eine Berücksichtigung dieses Fehlers bei ihren Prismenfernrohr-Ohjektiven für erforderiich erachtet haben. Des aiigemeinen Interesses halher gehe ich im nachstehenden die Formeln znr Berechnung einer apianatischen Kombination von Fernrohrohjektiv und Pianparalieipiatte, die für diesen oder jenen vielleicht nützlich sein können.

In hezng auf die Bezeichnnngen schiieße ich mich an die von mir in *dieser Zeitschr. 18. S. 357. 1898* und *19. S. 104. 1899* veröffentiichten Arbeiten: „Zur Theorie der zweiteiiigen verkitteten Fernrohrobjektive“ und „Zur Berechnung astronomischer Fernrohrohjektive“ an, sodaß ich mich wohi mit diesem Hinweise hegnügen kann. Der Einfachheit halher setze ich das Ohjektiv ais zweiteiiiges, verkittetes vorans; die pianparaliele Platte hat die Dicke d und den Brechnngsqnotienten n.

Dann wird die durch die Platte hervorgerufene chromatische Überkorrektion, wenn man in bekannter Weise von den Linien C und F ausgeht,

$$\gamma_C^F = d\,\frac{n_F - n_C}{n_F\, n_C},$$

und die Maßstabs- und Farbengleichung

$$\frac{n_1 - 1}{n_1}(Q_1 - Q_2) + \frac{n_2 - 1}{n_2}(Q_2 - Q_3) = +1,$$

$$\frac{dn_1}{n_1}(Q_1 - Q_2) + \frac{dn_2}{n_2}(Q_2 - Q_3) = -\gamma.$$

Hieraus folgen die reziproken Brennweiten der Einzellinsen

$$\varphi_1 = \frac{-(n_1 - 1)\,[dn_2 - \gamma(n_2 - 1)]}{dn_1(n_2 - 1) - dn_2(n_1 - 1)},$$

$$\varphi_2 = \frac{+(n_2 - 1)\,[dn_1 - \gamma(n_1 - 1)]}{dn_1(n_2 - 1) - dn_2(n_1 - 1)}.$$

Man berücksichtigt also den Platteneinfluß, wenn man in den bekannten Gleichungen für φ_1 und φ_2 statt dn_1 die Größe $dn_1 + \gamma(n_1 - 1)$ und entsprechend statt dn_2 $dn_2 + \gamma(n_2 - 1)$ setzt.

Die Invariantendifferenzen werden

$$Q_1 - Q_2 = \frac{n_1 \varphi_1}{n_1 - 1}, \qquad Q_2 - Q_3 = \frac{n_2 \varphi_2}{n_2 - 1}.$$

Entsprechend den Gleichungen für S_1 (Fehler gegen die Sinusbedingung) und S_2 (sphärische Aberration in der Achse) werden die Zusatzglieder für die Planparallelplatte

$$\sum_{k=4}^{k=5} \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^3 Q_k f_k = \frac{d}{n^3}(n^2 - 1) = \varepsilon,$$

$$\sum_{k=4}^{k=5} \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^4 Q_k^2 f_k = -\frac{d}{n^3}(n^2 - 1) = -\varepsilon.$$

In bekannter Weise ist

$$f_1 = \frac{n_1 - 1}{n_1^2} Q_1,$$

$$f_2 = \frac{\varphi_1}{n_2} - \frac{n_1 - 1}{n_1^2} Q_1 + \frac{n_2 - 1}{n_2^2} Q_2,$$

$$f_3 = 1 - \frac{\varphi_1}{n_2} - \frac{n_2 - 1}{n_2^2} Q_2,$$

und somit wird

$$S_1 = Q_2\left(1 + \frac{\varphi_1}{n_1} + \frac{\varphi_2}{n_2}\right) + \frac{\varphi_1^2}{n_1 - 1} - \frac{\varphi_2^2}{n_2 - 1} + \varepsilon,$$

$$S_2 = Q_2^2\left(1 + \frac{2\varphi_1}{n_1} + \frac{2\varphi_2}{n_2}\right) + Q_2\left(\frac{3\varphi_1^2}{n_1 - 1} - \frac{3\varphi_2^2}{n_2 - 1} - 2\varphi_2\right) + \frac{n_1 \varphi_1^3}{(n_1 - 1)^2} + \frac{n_2 \varphi_2^3}{(n_2 - 1)^2} + \frac{n_2 \varphi_2^2}{n_2 - 1} - \varepsilon.$$

Setzt man $S_2 = 0$, so erhält man Werte von Q_2, die auf eine sphärisch und chromatisch für die Schnittweiten korrigierte Kombination eines zweiteiligen, verkitteten Fernrohrobjektives mit einer planparallelen Platte bei der Brennweite 1 führen. Man hat dann die Glassorten des Objektives so lange zu ändern, bis auch $S_1 = 0$ und damit das ganze System aplanatisch wird.

Digitized by Google

Die reziproken Radien werden schließlich

$$\varrho_1 = Q_2 + \frac{n_1 \varphi_1}{n_1 - 1},$$

$$\varrho_2 = Q_2 + \varphi_1,$$

$$\varrho_3 = Q_2 - \frac{n_2 \varphi_2}{n_2 - 1} + 1.$$

Zur Erläuterung will ich auf ein Beispiel näher eingehen. Das Prismenfernrohr-Objektiv habe eine Brennweite von 160 *mm*, entsprechend der für mittlere Abmessungen des Fernrohres bei einer achtmaligen Vergrößerung sehr geeigneten Okularbrennweite von 20 *mm*. Die lichte Öffnung sei 22 *mm*, demnach die Helligkeit 1 : 7,3. Wählt man zur Bildumkehrung Porro-Prismen, so hat man bei normaler Lagerung der beiden Prismen im Fernrohrkörper deren Hypotenusen 40 *mm* lang zu machen. Der Glasweg wird also 80 *mm* und so die Zahl d für die Brennweite 1 gleich 0,5.

Als Prismenglas soll das Schottsche „Borosilikatkron extra blasenrein" Verwendung finden. Die Konstanten sind

$$n_D = 1{,}51630 \qquad \nu = 64{,}0$$
$$n_C = 1{,}51390$$
$$n_F = 1{,}52196$$

Hieraus folgt für die Brennweite 1

$$\varepsilon_D = \frac{d}{n^3}(n^2 - 1) = +0{,}1863,$$

$$\gamma_C^D = +0{,}00052, \qquad \gamma_C^F = +0{,}00175.$$

Wie man sieht, ist ε_D selbst bei diesem mäßig lichtstarken Prismenfernrohr doch so groß, daß es in der Gleichung $S_1 = 0$ keineswegs vernachlässigt werden darf.

Für das Objektiv wählte ich den zuerst von E. von Hoëgh eingeführten Typus mit Kron voraus, der in der deutschen Patentschrift 104343 genau beschrieben ist. Wie von Hoëgh zeigte, ist es möglich, durch Benutzung des schweren Barytsilikatkrons in Verbindung mit Flintglas neben der Aufhebung der chromatischen und sphärischen Aberration noch die Sinusbedingung zu erfüllen. Eine ausführliche Untersuchung aller möglichen Kombinationen habe ich in der oben an erster Stelle erwähnten Arbeit gegeben.

Die Glassorten sind

Kron	$n_1^D = 1{,}57947$	$\nu_1 = 57{,}7$	Flint	$n_2^D = 1{,}62377$	$\nu_2 = 36{,}9$
	$n_1^C = 1{,}57653$			$n_2^C = 1{,}61893$	
	$n_1^F = 1{,}58653$			$n_2^F = 1{,}63585$	
	$n_1^F - n_1^C = 0{,}01000$			$n_2^F - n_2^C = 0{,}01692.$	

Statt dieser Dispersionen gehen die kleineren 0,00899 und 0,01584 zur Berücksichtigung des Einflusses der Prismen in die Rechnung ein.

Das Kronglas ist 3 *mm*, das Flintglas 2,5 *mm* dick; durch entsprechende Bestimmung des letzten Radius wurde die Brennweite für die C-Linie f_0^C stets gleich 160 gehalten. Nenne ich die sphärische Aberration in der Schnittweite zwischen Achse und Rand mit der Einfallshöhe von 11 *mm* s, den Fehler gegen die Sinusbedingung (Differenz von Brenn- und Schnittweitenaberration) c, so ergaben sich hierfür bei drei Radienkombinationen folgende Werte, deren Index auf die entsprechende Fraunhofersche Linie hindeutet:

Digitized by Google

r_1	+ 100	+ 100	+ 120
r_2	— 52	— 57	— 52
r_3	— 470,44	— 497,65	— 270,45
s^C	+ 0,130	— 0,032	— 0,050
c^C	— 0,099	— 0,087	+ 0,079

Hierans wnrde das endgültige System (Kombination von Objektiv nnd Umkehrsystem) abgeleitet:

$$r_1 = +110{,}37 \qquad d_1 = 3$$
$$r_2 = -\ 54{,}298 \qquad d_2 = 2{,}5$$
$$r_3 = -338{,}19$$

Schnittweite	C	Achse	157,310	Rand 157,276
„	F		157,246	157,324
Brennweite	C		160,000	159,973
„	F		159,649	159,719

$$s^C = -0{,}034 \qquad c^C = +0{,}007$$
$$s^F = +0{,}078 \qquad c^F = -0{,}008\,.$$

Ans der Durchrechnnng des parachsialen Strahles für C folgt

$$I = +0{,}00039$$
$$S_1 = -0{,}0277$$
$$S_2 = +0{,}169\,,$$

in gnter Übereinstimmnng mit dem trigonometrisch errechneten Korrektionszustande.

Der Fehler der chromatischen Vergrößerungsdifferenz, etwa 0,29 im Sinne einer Unterkorrektion der Brennweiten, kann bei verkitteten Objektiven mit mögilchst kieiner Mitteidieke nicht gehoben werden, da keine Mögilchkeit gegeben ist, dem Einflnsse der Planparallelplatte dnrch entgegengesetzte Änderngen im Objektive seibst zn begegnen. Man könnte aber die Objektivlinsen anseinanderrücken nnd so die gewünschte Korrektion anch den Brennweiten erteiien. In der Regel aber beseitigt man die sehr geringe Vergrößerungsdifferenz, in diesem Falle etwa $^1/_{460}$, dnrch entsprechende Änderung der chromatischen Brennweitenkorrektion im Okniare, falis es sich überhanpt als notwendig heransstelit.

Das durch die Differenz $\varrho_1 - \varrho_3$ definierte äußere Krümmnngsmaß wird, auf die Brennweite 1 bezogen, 1,92. Dem entsprechen sehr geringe Zonen in den sphärischen Aberrationen, wie ans der folgenden, für die D-Linie gerechneten Zusammenstellnng hervorgeht.

Höhe	Schnittweite	Brennweite	s	c
0	157,241	159,844	0,000	0,000
6,351	157,235	159,838	— 0,006	0,000
8,982	157,233	159,837	— 0,008	+ 0,001
11	157,237	159,842	— 0,004	+ 0,002

Für eine nm etwa 10 $\mu\mu$ kieinere Wellenlänge betragen die Überkorrektion am Rande nnd die größte Unterkorrektion in der Mitte des Objektives nicht mehr ais 0,003 *mm* bei einer Brennweite von 100 *mm*; die Sinnsbedingung ist dann genan erfüllt. Damit ist der Beweis für die außerordentliche Leistnngsfähigkeit des von Hoëghschen Typns gegeben.

Berlin, im April 1908.

Digitized by Google

Ein vierfacher Spektralspalt.

Von

Max Rinck in Marburg.

Im physiologischen Institute der Universität zu Marburg wird seit längerer Zeit bei den Versuchen mit Spektralfarben am Projektionsapparate eine Spaltkonstruktion verwendet, die gestattet, vier Farben aus einem Spektrum herauszuschneiden und sie zusammen oder paarweise zu mischen oder zwei und drei gemischte Farben mit einer weiteren Spektralfarbe zu vergleichen. Der Apparat wurde nach den Angaben des Hrn. Prof. Dr. F. Schenck in der mechanischen Werkstatt des hiesigen physiologischen Instituts hergestellt und dient sowohl zur Demonstration in der Vorlesung als auch zu wissenschaftlichen Untersuchungen.

Der Vierfachspalt ist aus dem nach Angabe des Hrn. Prof. Dr. L. Heine[1]) konstruierten doppelten Spektralspalt mit dem „Dach" hervorgegangen und im wesentlichen eine Verdoppelung desselben. Ehe auf seine Konstruktion eingegangen wird, soll der Strahlengang bei Verwendung des Spaltes durch Fig. 1 erläutert werden.

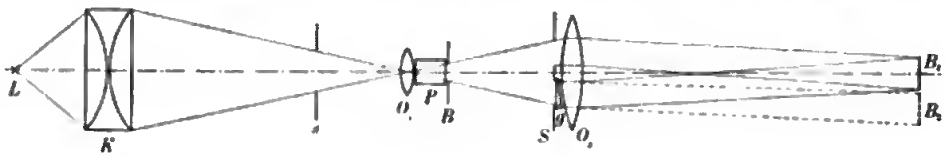


Fig. 1.

Die Lichtquelle L beleuchtet durch den Kondensor K die Öffnung der Blende B. Von dieser Öffnung wird ein Bild B_1 durch eine Linse O_2 von großer Brennweite auf einem Schirme entworfen. Der Vierfachspalt S wird zwischen O_2 und B möglichst dicht an O_2 gesetzt, das Projektionsobjektiv O_1 nahe an B geschoben und der Spektralspalt s so gerückt, daß ein scharfes Bild desselben durch O_1 in der Ebene von S entsteht. Wird jetzt das geradsichtige Prisma P zwischen O_1 und B gesetzt, so fallen durch die vier Spalte von S — in der Fig. 1 sind nur zwei angedeutet — Ausschnitte des Spektrums auf O_2, die in B_1 zu einer Mischfarbe vereinigt werden. Durch Vorschieben eines Glaskeiles g vor einen Spalt entsteht auf dem Schirme ein zweites Bild B_2 (gestrichelter Strahlengang). An Stelle des geradsichtigen Prismas kann natürlich ein gewöhnliches Prisma verwendet werden.

Die Konstruktion des Vierfachspaltes geht aus Fig. 2, 3 und 4 hervor.

In einer Grundplatte A (Fig. 2) befinden sich zwei parallele, rechtwinklige Ausschnitte B (Fig. 3), die durch einen schmalen Steg getrennt sind. Parallel zueinander verschieben sich durch Zahn und Trieb auf diesen Ausschnitten je zwei Schieber C, die an den einander zugekehrten Seiten je einen Bock b für ein Scharnier des Daches D tragen, dessen First das dritte Scharnier bildet. Die beiden Schieber eines Ausschnittes hängen durch das Dach zusammen, und je nach ihrer gegenseitigen Entfernung ist dieses mehr oder weniger spitz; die Dachkanten stellen die inneren Schneiden je eines Spaltes dar. Die Entfernung der Spalte läßt sich von 3 bis 80 *mm* ändern. Da jede Dachkante in der Verlängerung der Drehachse des zugehörigen Scharniers liegt, wird die Höhen- und Seitenlage derselben bei Verstellung des Dachwinkels nicht geändert, was für die Spaltbreite von Wichtigkeit ist. Die äußere Schneide jedes Spaltes wird

[1]) *Klinische Monatsblätter f. Augenheilkunde* **41**. *S. 1. 1903.*

durch die innere Kante eines zweiten Schiebers E gebildet, der auf C, parallel zu diesem, angebracht ist. Diese Schneide liegt mit der Dachkante in gleicher Höhe. Die Spaltbreite wird durch eine Schraube eingestellt, deren geteilter Kopf in Verbindung mit einer Teilung das Ablesen der Spaltbreite gestattet. Die Entfernung zweier benachbarter Spalte wird an Teilungen auf den unteren Schiebern ermittelt.

Unter jeder Schneide des Schiebers E befindet sich eine Ausfräsung, welche einen Glaskeil mit seiner Fassung aufnimmt. Durch einen Knopf k kann derselbe vor den Spalt geschoben werden, wodurch dasjenige Bild auf dem Schirme seine Lage verändert, welches von dem durch diesen Spalt tretenden Lichte erzeugt wird. Die Schneide des Keiles liegt rechtwinklig zum Spalt; sein Winkel ist so bemessen, daß von zwei Spalten einander berührende Bilder bei einer bestimmten Größe der Blende B (Fig. 1) auf dem Schirme entstehen, wenn der eine Spalt mit, der andere ohne Keil benutzt wird.

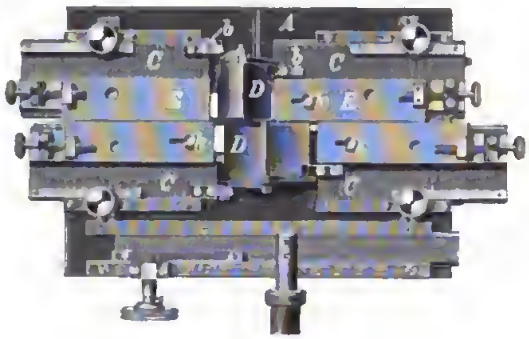


Fig. 2.

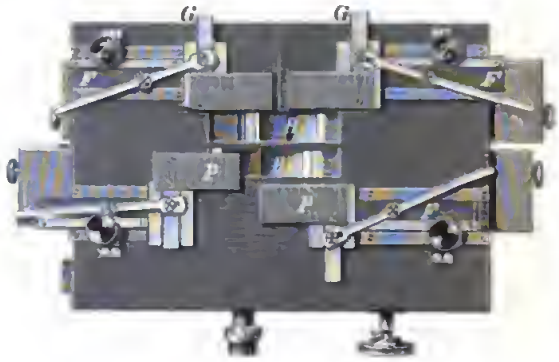


Fig. 3.

Wird der erste Keil zurück- oder der Keil des zweiten Spaltes vorgeschoben, so fallen beide Bilder über einander und die eingestellten Spektralfarben werden gemischt. Für den vorliegenden Fall sind die Glaskeile in gleicher Weise angebracht, sodaß beim Anwenden der Keile ein Bild, ohne dieselben ein zweites entsteht. Hat man z. B. den ersten Spalt ohne Keil auf rot, den zweiten mit Keil auf blaugrün gestellt, so erhält man beim Mischen weiß. Ebenso wird nach Einstellen des dritten und vierten Spaltes auf gelb und blau beim Mischen weiß erhalten. Es ist dabei gleichgültig, ob die zwei Spalte einem Ausschnitt der Grundplatte oder beiden angehören. Dadurch ist es auch möglich, Farben zu mischen, die näher als 3 *mm* aneinander liegen.

Durch die oben erwähnte Anordnung der Glaskeile wird es nötig, beim Einstellen einer dritten und vierten Spektralfarbe die beiden ersten abblenden zu können, ohne ihre Einstellung zu verändern. Dies ist durch folgende Einrichtung auf der Rückseite der Grundplatte erreicht worden (Fig. 3). Parallel zu den beiden Ausschnitten B sind ober- bezw. unterhalb derselben je zwei Schieber F durch Zahn und Trieb Z verstellbar angeordnet. Auf jedem Schieber sitzt rechtwinklig dazu ein zweiter G, der durch einen Hebel bewegt wird. An diesem zweiten Schieber ist eine größere Platte P befestigt, deren lange Seiten den Ausschnitten der Grundplatte parallel sind. Durch Bewegen des Hebels wird die Platte vor dem Ausschnitt auf und ab bewegt. Durch den Trieb Z werden die Platten ungefähr mit dem First des Daches gleichgestellt.

Bei geringer Verstellung der Spalte ist dann eine weitere seitliche Einstellung der Abblender nicht nötig. Mittels dieser Abblender können die Spaltlängen ganz oder teilweise abgedeckt werden. Durch teilweises Abdecken können zwei verschieden

heiie Farbengieichnngen gieich beii gemacht werden, oder es kann in einem Farbengemisch, das einer Spektraifarbe gleich sein soii, eine überwiegende Farbe in ricbtiges Verhäitnis zur anderen gebracht werden. Dies würde anch dnrch Verengern des Spaites zn erreichen sein. Da die Spaite jedocb stets eine gewisse Breite haben müssen, die am biauen Eude des Spektrums wegen der Lichtschwäche recht groß ist, so enthält jedes Spaitbiid eine Miscbfarbe, die dnrch Verengern des Spaites geändert wird. Beim Verkürzen des Spaites bieibt aber die eingesteiite Miscbfarbe nnverändert. Die Versteiinng jedes Abbienders nnd damit zugieicb die Spaltlänge wird an einer Teiinng abgeiesen.

Diese Abbiendnng der Spalte genügt nicbt, wenn es sich darum bandeit, zwei Farben in einem ganz bestimmten Verhäitnis zn mischen, oder eine Farbe nm ebensoviei zn schwäcben, wie die andere verstärkt werden soll. Znr Lösnng dieser Anfgabe, für die eine recbt weitgehende Genauigkeit veriangt wurde, ist folgender Weg eingeschiagen worden. Die oberen Abbiender wurden entfernt nnd an deren Steiie ein Schiitten J (Fig. 4) angebracht. Dessen Schieber L trägt einen zweiten, senkrecht dazu stehenden K; beide werden durch Zahn nnd Trieb verstellt. Am Schieber L sind nach unten gehende Führungen der beiden Abbiender P' angebracht. Auf dem Schieber K dreht sich um seinen Mitteipunkt ein Hebei M, der dnrch die Schranbe ohne Ende S bewegt wird. Zn beiden Seiten des Drebpnnkts dieses Hebeis sind zwei nach nnten gehende Arme drehbar befestigt, deren nntere Enden, ebenfaiis drehbar, mit je einem Abblender P' verbnnden sind. Durch Drehen der Schraube S werden die Abbiender entgegengesetzt bewegt. Wenn der Schieber L so gestelit wird, daß der First des Daches D zwischen den Abbiendern steht, so verdecken die gieicb hocb stehenden Abbiender dnrch Abwärtsbewegen des Schiittens K die Spaite. Dnrch gieichzeitiges Bewegen des Hebeis M nnd des Schiittens K ist es möglich, die frei bieibenden Spaitiängen in jedes beiiebige Verhäitnis zneinander zn bringen, z. B. 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 u. s. w. Die Versteiiung der Abbiender wird an Teiinngen mit Nonins anf 0,1 *mm* abgeiesen.

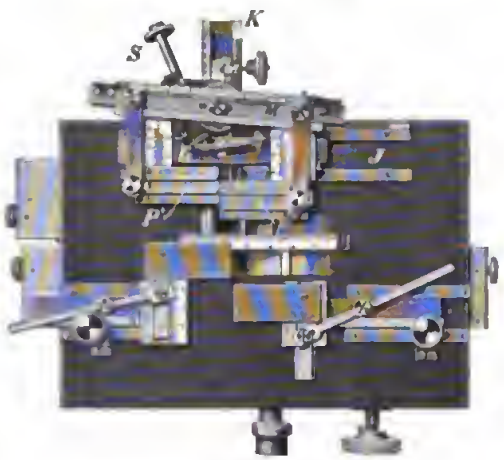


Fig. 4.

Das Arbeiten mit dem Vierfachspaite gestaitete sich nach Überwinden einiger technischer Schwierigkeiten recht bequem. Die Farben-Miscbnngen und -Gleicbnugen von der roten bis zur bianen Farbe geiingen recht gnt, seibst über eine größere Entfernnng (im hiesigen Anditorinm sind es acht Meter). Um die Farben des Farbendreieckes nacb Heimholtz zn zeigen, muß ein Giaskeii entgegengesetzt befestigt werden. Die drei Biider faiien beim Zurückschieben der Giaskeiie übereinander nnd iassen sich durch Abbienden ganz beiicbig mischen.

Die bei wissenschaftiichen Untersuchnngen mit dem Spaite erreichbare Genanigkeit ist eine recht hohe nnd genügte den gesteiiten Ansprüchen.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1907.

(Schluß von S. 157.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

1. Übersicht über die laufenden Arbeiten[1]).

Im ganzen haben die Arbeiten des Laboratoriums für Wärme und Druck auch im Berichtsjahr an Umfang zugenommen, nur die Anzahl der geprüften ärztlichen Thermometer ist erheblich zurückgegangen. Es wurden geprüft

I. Thermometer.

14 393 ärztliche Thermometer, darunter 10 Immischsche Zeigerthermometer,
716 feine Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
1 190 Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft wie die vorigen,
9 Insolationsthermometer,
106 Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
48 Boekmannsche Thermometer,
58 Tiefseethermometer,
1 234 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 100° bis 570°,
36 tiefgradige Thermometer, darunter 23 Pentanthermometer für Temperaturen bis −190°,

zusammen 17 790 Thermometer.

II. Elektrische und optische Temperaturmesser.

835 Thermoelemente,
7 Millivoltmeter für thermoelektrische Zwecke,
8 Widerstandsthermometer,
52 optische Pyrometer nach Wanner,
13 dazugehörige Rauchgläser,
63 Glühlampen
12 Prismen-Lichtschwächungen
1 rechtwinkliges Prisma } für optisch-pyrometrische Zwecke,
2 Thalpotasimeter,

zusammen 993 Apparate.

III. Druck-Meßinstrumente.

1 Quecksilberbarometer,
25 Aneroidbarometer,
27 Manometer,
21 Indikatorfedern in 12 Indikatoren,

zusammen 74 Druck-Meßinstrumente.

IV. Apparate zur Untersuchung des Erdöls.

110 Petroleumprober,
278 Zähigkeitsmesser,
10 Siedeapparate für Mineralöle,

zusammen 398 Apparate für Erdöle.

V. Sonstiges.

9 Posten Legierungsringe für Schwartzkopffsche Dampfkessel-Sicherheitsapparate, zusammen 1573 Stück Legierungsringe, mit Schmelzpunkten zwischen 108° bis 201°,

[1]) Wiehe, Grützmacher, Rothe, Moeller, Hoffmann, Hebe.

Digitized by Google

1 Feuermelder,
1 Verbrennungskalorimeter (Bestimmung des Wasserwerts durch Verbrennung von Normalsubstanzen),
6 Kohlenproben auf Heizwert, Wasser- und Aschengehalt,
1 Probe Alkohol auf spezifische Wärme zwischen $+10^{\circ}$ und -40°,

zusammen 18 Prüfungen verschiedener Art.

2. *Thermometer.*

Von den 17790 Thermometern waren 2555 wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig, 156 gingen beschädigt ein, 121 wurden bei der Prüfung schadhaft, sodaß im ganzen 2832 Thermometer = 16% von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen werden mußten.

Unter den 14393 ärztlichen Thermometern[1]), deren Anzahl gegen das Vorjahr um rund 3000 abgenommen hat, waren 46% fehlerfrei, was wiederum eine kleine Verbesserung bedeutet. Die Thermometer mit dunkelfarbiger Belegung der Kapillarröhre sind fast ganz zurückgetreten, sodaß die helleren Farben (gelb und grün) weitaus überwiegen.

Die übrigen Gattungen von Thermometern haben durchweg eine Zunahme erfahren, die bei den wissenschaftlichen und Laboratorium-Thermometern[2]) 21% und bei den hochgradigen Thermometern[3]) 25% beträgt.

Die zu Temperaturmessungen der Tiefsee vorzüglich geeigneten Umkippthermometer werden jetzt auch zu Messungen der Meerestiefe selbst verwendet. Senkt man nämlich gleichzeitig zwei solche Thermometer in die Tiefe, von denen das eine mit Schutzrohr gegen äußern Druck versehen ist, das andere dagegen nicht, so liefert die Angabe des ersteren Thermometers die reine Temperatur, die des zweiten die Temperatur plus Einfluß des Druckes auf den Stand des Thermometers, der Unterschied beider Angaben somit den Einfluß des Druckes der Wassersäule auf das Thermometergefäß. Nach Vorversuchen an Probestücken hielt nicht nur das starke Schutzrohr, sondern auch das Thermometergefäß selbst Außendrucke bis zu 900 *kg/qcm* (etwa 9000 *m* Meerestiefe entsprechend) aus.

Bei einem zur Prüfung eingereichten, in $^1/_{10}^{\circ}$ C. geteilten Thermometer betrug

bei einem Druck von Atm.	die Standerhöhung Grad C.	der Koeffizient für äußern Druck pro *kg/qcm* Grad C.
bei der ersten Prüfung im März		
10	1,058	0,1058
20	2,125	0,1062
30	3,192	0,1064
40	4,249	0,1062
bei der zweiten Prüfung im November (nach mehrfachem Gebrauch des Instruments auf hoher See)		
20	2,120	0,1060
40	4,228	0,1057
60	6,360	0,1060
80	8,480	0,1060
100	10,590	0,1059
120	12,696	0,1058
140	14,826 (weiter reichte die Skale nicht)	0,1059

[1]) Hebe.
[2]) Grützmacher.
[3]) Meeiler.

Hiernach ist also der Koeffizient für den äußern Druck bei dem vorliegenden Thermometer innerhalb der Beobachtungsfehler nicht nur für Drucke bis 140 Atm. konstant, sondern auch mit der Zeit unverändert geblieben.

Die bei diesem Thermometer erreichbare Genauigkeit der Temperaturangabe beträgt 0,01°, entsprechend 0,1 Atm. = 1 *m* Wassersäule.

Die drei hochgradigen Normalthermometer von Niehls 77, 823, 1963, welche die Skale der Reichsanstalt zwischen 300° und 500° repräsentieren, sind wiederholt mit Platinwiderstands-Thermometern verglichen worden. Die Temperaturskale der letzteren wird durch eine die Abhängigkeit von der Temperatur darstellende quadratische Formel definiert, deren Koeffizienten durch Widerstandsmessungen bei 0°, 100° und dem normalen Schwefelsiedepunkt (444,7° bei 760 *mm*) bestimmt sind. Bei der Vergleichung ergab sich eine für die hochgradigen Thermometer vollkommen genügende Übereinstimmung der beiden Skalen.

An den zwei alten Normalthermometern 823 und 1963 sowie an 6 fundamental bestimmten hochgradigen Normalthermometern ist der Schwefelsiedepunkt festgelegt worden. Die beiden Normale 823 und 1963 ergaben einen bis auf 0,2° übereinstimmenden Wert mit den im Jahre 1903 an denselben Instrumenten ausgeführten Messungen, die mit den ersten Bestimmungen im Jahre 1893 in Übereinstimmung standen.

3. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt[1]).

Die Großherzoglich Sächsische Prüfungsanstalt für Glasinstrumente zu Ilmenau und die Herzoglich Sächsische Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer zu Gehlberg wurden wie gewöhnlich je einmal revidiert. Die Prüfungsarbeiten der beiden Anstalten sind nachstehend zusammengestellt.

Im Jahre 1907 wurden geprüft

	in Ilmenau	in Gehlberg
ärztliche Thermometer	46 248	5905
meteorologische, Laboratorium-, Fabrik-Thermometer	1 019	—
häusliche Thermometer	297	—
zusammen	47 564	5905

In der Ilmenauer Prüfungsanstalt wurden 5014 Prüfungsscheine in fremden Sprachen ausgefertigt.

4. Elektrische und optische Temperaturmessungen.

Die Zahl der geprüften Thermoelemente (835) ist wieder gestiegen und hat sogar das bisherige Maximum im Jahre 1905 (812 Stück) überschritten. Diese Zunahme ist ausschließlich auf die vermehrte Prüfung der Elemente aus Konstantan gegen Kupfer, Silber oder Eisen zurückzuführen, während die Zahl der geprüften Le Chatellierschen Thermoelemente wieder etwas zurückgegangen ist.

a) Thermoelemente[2]).

Im ganzen wurden 639 Le Chatelierscho Elemente geprüft, von denen 581 den Drahtvorräten der Firma W. C. Heraeus in Hanau, 23 denen der Firma G. Siebert in Hanau entstammen, während die übrigen einzeln eingesandt waren.

Von den 196 Thermoelementen aus Konstantan gegen Kupfer, Silber oder Eisen für einen Temperaturbereich von — 200° bis + 650° sind 125 Stück den Drahtvorräten der Firma Siemens & Halske A.-G. entnommen; ferner wurden 32 von der genannten Firma eingesandte Elemente untersucht, deren einer Schenkel durch ein Kupferrohr gebildet wird, an dessen Ende der hindurchgezogene, durch Asbest isolierte Konstantandraht festgelötet ist; diese Elemente sind vornehmlich zum Einbau in Dampfkessel und Dampfmaschinen bestimmt.

b) Platinthermometer[3]).

Von den von der Firma W. C. Heraeus in den Handel gebrachten Platinwiderstandsthermometern, bei denen der Platindraht in Quarzglas eingebettet ist, wurde eine größere Anzahl untersucht. Bekanntlich haben diese Widerstände den für kalorimetrische und

[1]) Wiebe.
[2]) Lindeck, Rothe, Hoffmann.
[3]) Lindeck, Rothe, Hoffmann.

ähnliche Zwecke großen Vorteil, Thermometer mit sehr geringer Trägheit abzugeben; dagegen wurden wiederholt, namentlich nach Erhitzung auf Temperaturen bis 650°, dauernde Änderungen des Widerstands bei 0° beobachtet, die mehrere zehntel Grad erreichen konnten. Ob diese Veränderungen des Widerstands auf Stauchung des festeingebetteten Drahtes oder auf Ursachen zurückzuführen sind, die mit der Fabrikation zusammenhängen (z. B. Bildung von Platinsilizium), muß dahingestellt bleiben. Jedenfalls scheinen die genannten Platinthermometer hinsichtlich der Genauigkeit für absolute Temperaturmessungen den allerdings erheblich trägeren Präzisions-Platinthermometern, bei denen der Draht auf ein Glimmerkreuz gewickelt ist, unterlegen zu sein. Immerhin werden sie auch in höheren Temperaturen für die meisten Zwecke sich gut verwenden lassen.

Zahlreiche Messungen wurden für den Bedarf des Laboratoriums an den vorhandenen Platinthermometern ausgeführt (vgl. *S. 174 oben*); insbesondere wurden in der Absicht, über die erreichbare Meßgenauigkeit Erfahrungen zu sammeln, eine Reihe möglichst sorgfältiger Messungen bei 0° und bei der Umwandlungstemperatur des Natriumsulfats (etwa 32,38°) angestellt. Zwei neue Widerstandsthermometer sind in der Werkstatt hergestellt und durch wiederholte Messungen bei — 190°, — 80°, 0°, + 100°, + 445° kalibriert worden.

Auf Anregung von Prof. Kamerlingh Onnes in Leiden wurde ein Austausch von Widerstandsthermometern der Reichsanstalt und des Leidener kryogenen Laboratoriums in die Wege geleitet. Für die Prüfungsarbeiten der Reichsanstalt wird es namentlich wertvoll sein, dadurch einen Anschluß an die Skale des Wasserstoffthermometers in Temperaturen zwischen — 80° und — 190° sowie in noch tieferen Temperaturen zu gewinnen.

e) Messung der Gesamtstrahlung[1]).

Zwei Anträge auf die Prüfung von Féryschen Pyrometern (Ch. Féry, *Compt. rend.* ***134.*** *S. 977. 1902*) gaben Anlaß, die Messung der Gesamtstrahlung unter die Prüfungsarbeiten aufzunehmen. Bis jetzt wurde ein der Reichsanstalt gehöriges kleineres Féry sches Pyrometer mit Flußspatlinse mit dem schwarzen Körper verglichen. Die elektromotorischen Kräfte des bestrahlten Thermoelements sind hier jedoch außerordentlich gering (vgl. die untenstehende Tabelle); immerhin gelang es unter Benutzung eines empfindlichen Kugelpanzergalvanometers mit kleinem Widerstande, sie auf etwa $^1/_2$ Prozent durch Kompensation gegen eine Spannung zu messen, die ein bekannter Strom (einige Milliampere) an einem Manganinwiderstand von $^1/_{1000}$ Ohm hervorrief. Es zeigte sich, daß die Angaben des untersuchten Féryschen Pyrometers von dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz merklich abwichen. In der nachstehenden Tabelle sind unter e die elektromotorischen Kräfte des bestrahlten Eisen-Konstantan-Elements, unter c die Werte der Größe angegeben, die nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz

$$c = \frac{e}{T^4 - T_0^4}$$

konstant sein sollte.

t °C.	e 10^{-6} Volt	$10^{11} \cdot c$
400	$2{,}9_1$	$1{,}5_0$
600	$10{,}1_3$	$1{,}7_7$
800	$25{,}6_7$	$1{,}9_4$
1000	$53{,}4_6$	$2{,}0_3$
1200	$99{,}1_9$	$2{,}1_1$
1400	$170{,}4_0$	$2{,}1_7$

Der Grund für die Abweichung ist vermutlich in der selektiven Absorption der Flußspatlinse und der Lötstelle des Thermoelements zu suchen. Die beiden zur Prüfung eingereichten Pyrometer nach Féry waren mit vergoldeten Hohlspiegeln von etwa 8 *cm* Öffnung versehen und konnten deshalb nicht durch direkte Vergleichung mit den vorhandenen schwarzen Körpern geprüft werden, da diese sämtlich nicht genügend große Öffnungen

[1]) Brodhun, Rothe, Hoffmann.

besitzen. Andererseits bot es Schwierigkeiten, einen zuverlässig schwarz strahlenden Hohlraum für hohe Temperaturen mit einer hinreichend großen Öffnung herzustellen. Es muß deshalb zur Prüfung der genannten Pyrometer eine nicht schwarz strahlende Fläche benutzt werden, deren Gesamtstrahlung entweder bekannt ist (Platin) oder bolometrisch ermittelt wird. Zu der bolometrischen Messung soll das Vakuumbolometer von Warburg, Leithäuser und Johansen benutzt werden. Die Arbeiten sind noch im Gange.

d) Optische Pyrometer[1]).

Nachdem sich der im vorigen Bericht erwähnte, aus einzelnen Hohlkörpern und Diaphragmen zusammengesetzte schwarze Körper bei den laufenden Prüfungen bewährt hatte, wurden nach demselben Prinzip noch zwei ähnliche schwarze Körper hergestellt. Da diese Körper ein leichtes Auswechseln aller wesentlichen Bestandteile erlauben, war die Möglichkeit gegeben, durch Veränderung der Gestalt des Hohlraums, seiner Oberflächenbeschaffenheit u. s. w. Aufschluß über den Einfluß der verschiedenen Faktoren auf die Herstellung der schwarzen Strahlung zu erhalten. Über die nach dieser Richtung hin vorgenommenen, noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen sei hier nur folgendes bemerkt. Die Helligkeitsbestimmungen erfolgten mit dem Königschen Photometer, das mit einer Metallfaden-Glühlampe als Vergleichslichtquelle ausgerüstet war. Als Spektralbereich wurde, wie beim Wanner-Pyrometer, der durch die rote Wasserstofflinie $H_\alpha = 0{,}656\,\mu$ charakterisierte gewählt. Durch Veränderung der Belastungsstromstärke der Glühlampe oder Einschalten eines rotierenden Sektors wurde bewirkt, daß die Einstellungen am Photometer möglichst nahe gleich waren, sodaß die Fehler des Instruments zum größten Teile eliminiert wurden. Die Messungen erstreckten sich vorläufig auf das Intervall von 800° bis 1400°; doch sind auch bereits einige Beobachtungen am Iridiumofen beim Platinschmelzpunkt angestellt worden.

Unter Benutzung der an dem Königschen Photometer gemachten Erfahrungen wurde das der Reichsanstalt gehörige Wanner-Pyrometer für genauere Messungen umgeändert. Es erhielt eine Metallfadenlampe als Vergleichslichtquelle, um eine größere Konstanz seiner Angaben zu sichern, ferner einen Doppelspalt, der so eingerichtet ist, daß die Hälfte, die der Glühlampe zugekehrt ist, unabhängig von der dem anvisierten Körper zugewandten Hälfte verändert werden kann. Nach diesen Verbesserungen wurde das Pyrometer von neuem an den schwarzen Körper angeschlossen.

e) Seger-Kegel[2]).

Die bereits im vorjährigen Bericht angeführten Untersuchungen an Seger-Kegeln sind noch bis zum Kegel Nr. 20 fortgesetzt worden. Die Versuche mußten, da sie sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, wegen der starken Zunahme der laufenden Prüfungsarbeiten bis zum Schluß des Berichtsjahres unterbrochen werden. Über die bisherigen Ergebnisse berichtete Dr. Rothe in der Jahresversammlung des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte E. V.[3]). Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Kegel Nr.	Temperatur		Diff.	beob. minus geschätzt	Genauigkeitsgrad
	geschätzt	beob.			
4	1210°	1225°	0°	15°	II
5	1230	1225	35	− 5	II
6	1250	1260	25	10	II
7	1270	1285	20	15	II
8	1290	1305	30	15	I
9	1310	1335	10	25	I
10	1330	1345	15	15	I
11	1350	1360	15	10	III
12	1370	1375		5	III

[1]) Brodhun, Rothe, Hoffmann.

[2]) Rothe, Hoffmann.

[3]) Vgl. Bericht über die 27. Haupt-Versammlung des Vereins D. F. f. Pr. Februar 1907, *Tonindustrieztg. 1907.*

Kegel Nr.	Temperatur geschätzt	Temperatur beob.	Diff.	beob. minus geschätzt	Genauigkeitsgrad
12	1370°	1375°	20°	5°	III
13	1390	1395	15	5	II
14	1410	1410	25	0	I
15	1430	1435	25	5	II
16	1450	1460	20	10	III
17	1470	1480	30	10	I
18	1490	1510	15	20	I
19	1510	1525	5	15	II
20	1530	1530		0	I

In der ersten Spalte ist die Kegel-Nummer, in der zweiten sind die keramisch geschätzten, in der technischen Praxis bisher angenommenen Erweichungs-Temperaturen vermerkt. Die tatsächlich beobachteten Temperaturen (Mittelwerte aus mehreren Kegeln derselben Nummer) sind in der dritten Spalte verzeichnet; in der letzten eine Angabe über die Genauigkeit der Kegel, die für solche, deren mittlerer Fehler kleiner als 5° war, mit I, zwischen 5° und 10° mit II, darüber mit III bezeichnet ist.

5. Manometer[1]*.*

Es wurden 27 Federmanometer geprüft, darunter 14 mit Drucken über 100 bis teilweise 500 *kg/qcm*.

Bei der älteren Stückrathschen Druckwage wurden die Reibungseinflüsse des Stempels in der Buchse bisher durch Erschütterungen (Klopfen) möglichst ausgeschaltet, während bei der neuen Druckwage ein rotierbarer Stempel angebracht ist. Jetzt ist auch die ältere Wage so eingerichtet, daß die Reibung durch eine drehende Bewegung des Stempels beseitigt wird; jedoch dreht sich der Stempel nicht vollständig um seine Achse, sondern nur innerhalb eines Winkels von etwa 60°, ähnlich wie bei dem Amagatschen Manometer.

Die beiden Druckwagen sind nun mit ihren verschiedenen Stempeln (von 1 und 0,5 *qcm* Querschnitt) sowohl mit dem Quecksilbermanometer wie unter sich und mit Federmanometern verglichen worden. Bei der direkten Vergleichung der Wagen miteinander waren sie parallel geschaltet, und die Druckunterschiede zwischen beiden Wagen wurden durch kleine Zusatzgewichte ausgeglichen.

Bei der Vergleichung der Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer bei 10 und 20 *kg/qcm* ergab sich Übereinstimmung von 0,01 bis 0,02 *kg*, bei der Vergleichung der Druckwagen unter sich stimmten die Wagen bei Drucken bis 200 *kg* bis auf weniger als 0,1 *kg* überein, während in den Drucken bei 600 *kg* die Abweichung der Angaben beider Wagen voneinander 0,25 *kg* betrug. Um eine größere Genauigkeit und auch um einen Maßstab für die *absolute* Genauigkeit der Messungen mit den Druckwagen in den höheren Drucklagen zu gewinnen, wäre ein direkter Anschluß der Wagen an ein Quecksilbermanometer in höheren Drucken erforderlich.

Es wurde versucht, die neuere Druckwage auch für Drucke über 600 *kg/qcm* nutzbar zu machen; jedoch gelang es bis jetzt nicht, Drucke über 900 *kg* zu messen, da bei höheren Drucken die Dichtungen an der Buchse der Wage nicht mehr hielten.

6. Apparate zur Untersuchung der Mineralöle[2]*.*

Bei dem Übergang der Prüfung der Petroleumprober auf die Reichsanstalt hat diese von der Normal-Eichungs-Kommission auch vier englische Abel-Prober übernommen, von denen aber nur noch einer (Short & Mason Nr. 379) vollständig im Stande ist, während die übrigen drei z. Z. zur Reparatur nach England geschickt werden mußten. Eine Vergleichung des intakten englischen Probers mit den Normalprobern der Reichsanstalt ergab dieselbe

[1]) Wiebe.
[2]) Hebe.

Korrektion des Entflammungspunkts für den englischen Prober wie früher, sodaß danach eine Übereinstimmung der Angaben der englischen mit den deutschen Petroleumprobern sehr wahrscheinlich ist.

Für die Prüfung der Zähigkeitsmesser sind mit dem 1. April 1907 die neuen mit dem Kgl. Preußischen Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde und der Großherzoglich Badischen Prüfungs- und Versuchsanstalt in Karlsruhe vereinbarten Prüfungsbestimmungen in Kraft getreten. Die Vorschriften sind gegen früher vielfach verschärft und werden daher eine größere Genauigkeit der Eichung an sich als auch der mit den Zähigkeitsmessern ausgeführten Öluntersuchungen herbeizuführen geeignet sein.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[1]).

Nachstehende Tabelle enthält die im Jahre 1907 ausgeführten photometrischen Prüfungen:

107 beglaubigte Hefnerlampen, davon
- 14 mit Visier,
- 53 mit optischem Flammenmesser,
- 21 mit Visier und optischem Flammenmesser,
- 13 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
- 6 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;

460 elektrische Glühlampen mit Kohlefäden, davon
- 64 in Dauerprüfung mit im ganzen 24830 Brennstunden;

183 Metallfadenlampen (Osram-, Wolfram- und Osminlampen), davon
- 105 in Dauerprüfung mit im ganzen 76940 Brennstunden;

20 Nernstleuchtkörper;
6 Bogenlampen mit Kohlenelektroden;
2 Quecksilberbogenlampen mit Glasgefäß;
38 Gasglühlichtapparate mit aufrecht stehendem Glühkörper, davon
- 25 in Dauerprüfung mit im ganzen 20500 Brennstunden;

6 Gasglühlichtapparate mit hängendem Glühkörper;
2 Petroleumlampen;
4 Petroleumglühlichtlampen;
2 Lampenglocken;
6 Azetylenscheinwerfer für Automobile;
1 Photometeraufsatz für Gleichheit und Kontrast;
9 Glasplatten, geprüft auf ihren Lichtverlust durch Reflexion und Absorption für weißes Licht.

Diese Prüfungen haben im Berichtsjahre derart an Umfang zugenommen, daß es nötig sein wird, neben dem großen Photometerraum ein zweites Zimmer für die photometrischen Prüfungen einzurichten. Den größten Arbeitsaufwand erforderten wiederum die Glühlampenprüfungen und unter diesen diejenigen von Metallfadenlampen. Bezüglich der Fabrikation dieser Lampen ist ein Fortschritt gegen das vorige Jahr insofern hervorgetreten, als jetzt Lampen für höhere Spannungen als früher hergestellt werden. So sind Metallfadenlampen zu etwa 220 Volt in Dauerprüfung gegeben worden.

Unter den in Dauerprüfung genommenen Kohlefadenglühlampen war eine Serie von 5 sechzehnkerzigen Lampen zu 220 Volt bemerkenswert, die durchschnittlich in 920 Brennstunden um 20% ihrer Aufangslichtstärke abnahmen. Der Stromverbrauch auf 1 HK mittlere Lichtstärke senkrecht zur Lampenachse stieg dabei von 3,8 bis 4,9 Watt.

Als Normallampen für photometrische Zwecke wurden etwa 400 Kohlefadenlampen und etwa 70 Metallfadenlampen geprüft. Ein Teil davon war für das Ulbrichtsche Kugelphotometer bestimmt und mußte deshalb auf mittlere räumliche Lichtstärke geprüft werden.

[1]) Brodhun, Liebenthal, Schönrock.

Bei den Quecksilberdampflampen war der Verbrauch auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke im günstigsten Falle 0,53 Watt ausschließlich des gewöhnlichen Vorschaltwiderstandes.

Hängendes Gasglühlicht ergab wie im Vorjahre günstigstenfalls 1,2 *l* auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke.

Unter den Petroleumglühlichtlampen befanden sich zwei, bei denen ein kleiner Glühkörper innerhalb einer leuchtenden Flamme glühte, sodaß die Lampe nach Zerstörung des Glühkörpers als gewöhnliche Petroleumlampe benutzt werden kann. Die Ökonomie war 1,7 *g* auf 1 HK mittlere horizontale Lichtstärke. Bei den übrigen Petroleumglühlichtlampen wurde die Flamme durch verstärkten Luftzug entleuchtet. Die günstigste dieser Lampen verbrauchte 0,8 *g* Petroleum auf 1 HK mittlere horizontale Lichtstärke.

Der hellste eingesandte Azetylenscheinwerfer besaß in Richtung der Reflektorachse eine Lichtstärke von 4100 HK bei einer Öffnung von 28 *cm*. Dabei wurde die Entfernung bis zum Photometerschirm von der Schutzglasplatte des Scheinwerfers, deren Rand als Blende wirkt, gerechnet und durch Messungen in verschiedenen Entfernungen bis zu etwa 20 *m* die Anwendbarkeit des Entfernungsgesetzes nachgewiesen.

Gegen Ende des Jahres ist eine umfangreiche Prüfung von Azetylenbrennern, die von dem Deutschen Azetylenverein beantragt worden ist, in Angriff genommen worden. Es handelt sich um 40 Brenner verschiedener Firmen, die bei verschiedenen Gasdrucken photometriert und von denen 14 in eine kurze Dauerprüfung (von 40 Brennstunden) genommen werden sollen. Der Azetylenentwickler (nach Pietet) und der Reiniger (mit einer Frankolin genannten Reinigungsmasse) sind vom Antragsteller geliefert worden. Die Konsumbestimmung geschieht durch den Kubizierapparat.

2. Internationale Lichtmeßkommission.

Zur Teilnahme an den Sitzungen der Internationalen Lichtmeßkommission in Zürich vom 18. bis 20. Juli ist das Mitglied Prof. Brodhun entsandt worden. Das Hauptergebnis ist die Annahme von Umrechnungsfaktoren für die in Deutschland, England und Frankreich gebräuchlichen Lichteinheiten: Hefnerlampe, 10 Kerzen-Pentanlampe, Carcellampe. Auf Grund der in den drei Ländern ausgeführten vergleichenden photometrischen Versuche, die in den früheren Tätigkeitsberichten erwähnt worden sind, wurden die folgenden Verhältniszahlen einstimmig angenommen:

$$\text{Carcel} = 10{,}7_5\ \text{HK}$$
$$10\ \text{Kerzen-Pentanlampe} = 10{,}9_5\ \text{HK}$$
$$10\ \text{Kerzen-Pentanlampe} = 1{,}02_0\ \text{Carcel}.$$

Für diese Zahlen wird eine Genauigkeit von $1^0/_0$ angenommen. Aus ihnen läßt sich die folgende Tabelle herleiten.

	Carcel	HK	10 Kerzen-Pentanlampe
Carcel	1	$10{,}7_5$	$0{,}98_0$
HK	$0{,}093_0$	1	$0{,}091_5$
10 Kerzen-Pentanlampe	$1{,}02_0$	$10{,}9_5$	1

Als normale Luftfeuchtigkeit werden hierin für die Hefnerlampe 8,8 *l*, für die beiden anderen Lampen 10 *l* angenommen.

Unter den übrigen Verhandlungsgegenständen sind die Bemühungen zur Aufstellung einheitlicher Vorschriften für die Bewertung des Gases und die Photometrierung des Gasglühlichts, sowie zur Einführung einheitlicher Bezeichnungen in die Photometrie zu erwähnen.

Die nächste Versammlung der Internationalen Lichtmeßkommission soll im Jahre 1910 wiederum in Zürich stattfinden.

3. Prüfung von Quarzplatten[1]*).*

Während des Jahres 1907 wurden 13 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt, welche den an Saccharimeterquarze zu stellenden Anforderungen genügten.

[1]) Brodhun, Schönrock.

1. Ausmessung der Planheit von Platten[1]).

Beim Studium der von der Technik gestellten Frage nach der zeitlichen Veränderlichkeit der Planheit von Flächen optischer Gläser werden vier von der Firma Carl Zeiß in Jena der Reichsanstalt zur Verfügung gestellte, schwach keilförmige Platten *I* bis *IV* von 100 *mm* Durchmesser und 15 *mm* Dicke benutzt, von denen drei aus den am ausgedehntesten zur Verwendung kommenden Glassorten verfertigt sind, während die vierte eine optisch ziemlich homogene, senkrecht zur Achse geschliffene Platte aus positiv drehendem Quarz ist. Es besteht

Platte *I* aus Boro-Silikat-Kron O 144,
„ *II* „ gewöhnlichem Silikat-Flint O 118,
„ *III* „ schwerstem Baryt-Kron O 1209,
„ *IV* „ Quarz senkrecht zur Achse.

Die Prüfung dieser Gläser auf Spannungen nach der im vorigen Tätigkeitsberichte mitgeteilten Methode zeigte, daß auch diese bestgekühlten Glasplatten durchaus nicht spannungsfrei sind. Zur Bestimmung der Planheits-Fehler der acht Flächen wurde daher nicht das früher benutzte Vergleichsglas herangezogen, sondern es wurden nur die auszumessenden Flächen unter sich verglichen, wobei im letzteren Falle eine Verschiedenheit des Brechungsquotienten an verschiedenen Stellen des Glases infolge der im Glase vorhandenen Spannungen ohne Einfluß auf die Messungsresultate bleibt, denn die beiden interferierenden Strahlen durchsetzen sehr nahezu die gleiche Stelle des Glases, weil der Einfallswinkel unter 1,5° und somit der Abstand der beiden interferierenden Strahlen im Glase unter 0,09 *mm* bleibt. Bei den Untersuchungen dieser schon verhältnismäßig dicken Platten traten manche Schwierigkeiten auf, deren Überwindung viel Zeit erforderte; doch konnte schließlich die Arbeit zu einem recht befriedigenden Abschluß gebracht werden.

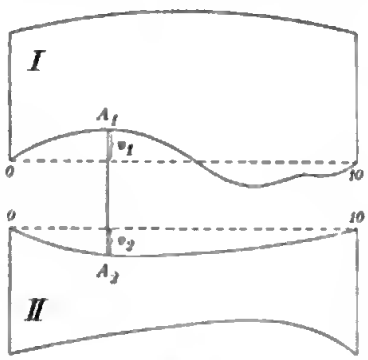


Fig. 5.

Über den Weg zur Berechnung der Fehler aus den Beobachtungen nach der neuen Methode sei kurz folgendes erwähnt. Man bringt z. B. die beiden auszumessenden Durchmesser der Platten *I* und *II* (Fig. 5) genau über einander und mißt mit Hülfe des Interferenzapparates die etwa 1,6 *mm* betragenden Dicken $A_1 A_2$ der zwischen den Flächen liegenden Luftschicht längs der beiden obigen Durchmesser an elf um je 9 *mm* voneinander entfernten Punkten 0 bis 10. Dann ist, wenn v_1 und v_2 die Fehler der Platten in den Punkten A_1 und A_2 bezeichnen, und nachdem die Dicken an den Endpunkten 0 und 10 rechnerisch auf Null reduziert sind, die so reduzierte, beobachtete Luftdicke an einer der übrigen neun Stellen

$$A_1 A_2 = \frac{I}{II} = -v_1 - v_2,$$

wobei sich der Fehler v positiv ergibt, wenn der betreffende Plattenpunkt mit Bezug auf die Gerade 0 – 10 auf der konvexen Seite liegt. In ähnlicher Weise wird *I* mit *III* und *II* mit *III* verglichen, natürlich unter Beibehaltung derselben elf Punkte für jede Platte, sodaß man

$$\frac{I}{III} = -v_1 - v_3 \qquad \text{und} \qquad \frac{II}{III} = -v_2 - v_3$$

erhält und somit aus den drei Gleichungen leicht die drei Fehler v_1, v_2 und v_3 berechnen kann.

Es ist also erforderlich, die Platte *II* einmal umzukehren und von unten nach oben zu befördern. Hierbei darf sich, will man zu einwandfreien Resultaten gelangen, die Planheit der zu vergleichenden Fläche nicht ändern. Nun zeigte sich aber bald, daß die Platten durch ihr Eigengewicht merkliche Durchbiegungen erleiden, die je nach der Beschaffenheit

[1]) Schönrock.

der Auflagerung der Platte verschieden sind und in den äußersten Fällen etwa 20 $\mu\mu$ für den mittleren Punkt 5 betragen können. Um diese Durchbiegungen zu eliminieren, wurde schließlich folgendermaßen verfahren. Jede Platte liegt nur noch an drei um 120° voneinander entfernten Stellen am Rande auf, die so gewählt sind, daß aus Gründen der Symmetrie die zu prüfende Fläche, wenn die Platte unten liegt, sich nach der konkaven Seite hin genau in derselben Weise durchbiegt, wie nach der konvexen Seite hin, wenn die Platte oben liegt.

Bedeuten nunmehr die Größen v die Fehler bei idealer Auflagerung der Platte, d. h. die Fehler, welche die Platte z. B. besitzt, wenn sie im luftleeren Raum frei fällt, und die Größen d die stets positiv gerechneten Durchbiegungen, so wird

$$\frac{I}{II} = -v_1 - v_2 - d_1 + d_2$$

und

$$\frac{II}{I} = -v_1 - v_2 + d_1 - d_2,$$

also

$$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{II} + \frac{II}{I}\right) = -v_1 - v_2.$$

Durch Vertauschen der Platten oben und unten und Mitteinehmen der Beobachtungswerte bekommt man mithin für die Luftdicken diejenigen Werte, die man bei idealer Auflagerung der Platten direkt beobachten würde.

Auf solche Weise wurde zunächst von jeder Platte je ein Durchmesser genau ausgemessen, wobei alle sechs möglichen Kombinationen der Platten benutzt wurden. Es ergaben sich so für jeden Fehler v drei voneinander unabhängige Werte, die von ihrem Mittel im Maximum nur um 1,0 $\mu\mu$ differieren. Die früher in Aussicht gestellte Genauigkeitsgrenze ist demnach mehr als erreicht worden. Diese gute Übereinstimmung kommt auch in der folgenden Tabelle anschaulich zum Ausdruck, in welcher neben den beobachteten idealen Luftdicken die mit Hülfe der Mittelwerte v berechneten verzeichnet sind. Dabei sind die „beob." Werte z. B. in der ersten Horizontalreihe das Mittel der beobachteten Werte in den beiden Lagen $\frac{I}{II}$ (Platte *I* oben, *II* unten) und $\frac{II}{I}$ (Platte *II* oben, *I* unten) nach der angegebenen Formel: $\frac{1}{2}\left(\frac{I}{II} + \frac{II}{I}\right) = -v_1 - v_2$. Die „ber." Werte derselben Reihe sind gewonnen, indem aus den in den sechs Kombinationen beobachteten Werten ($-v_1 - v_2$, $-v_1 - v_3$, $-v_1 - v_4$, $-v_2 - v_3$, $-v_2 - v_4$, $-v_3 - v_4$) die drei Einzelwerte von v_1 und die drei Einzelwerte von v_2 berechnet sind; aus deren Mittelwerten ist dann $-v_1 - v_2$ berechnet.

		Luftdicken in $\mu\mu$ (millionstel Millimeter)								
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9. Punkt
$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{II} + \frac{II}{I}\right)$	beob.	+ 32,2	+ 68,0	+ 94,2	+ 101,8	+ 105,1	+ 99,0	+ 85,4	+ 60,8	+ 29,0
	ber.	+ 31,8	+ 67,2	+ 93,1	+ 101,6	+ 104,6	+ 98,4	+ 84,8	+ 60,2	+ 28,8
$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{III} + \frac{III}{I}\right)$	beob.	+ 27,1	+ 49,2	+ 59,4	+ 60,8	+ 59,7	+ 59,4	+ 52,9	+ 46,8	+ 30,2
	ber.	+ 27,1	+ 49,3	+ 60,0	+ 60,9	+ 60,2	+ 59,8	+ 53,2	+ 46,8	+ 30,2
$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{IV} + \frac{IV}{I}\right)$	beob.	+ 1,8	+ 13,4	+ 26,2	+ 33,2	+ 29,6	+ 23,2	+ 14,0	+ 7,4	+ 4,5
	ber.	+ 2,3	+ 14,0	+ 26,5	+ 33,2	+ 29,6	+ 23,4	+ 14,4	+ 8,0	+ 5,0
$\frac{1}{2}\left(\frac{II}{III} + \frac{III}{II}\right)$	beob.	+ 64,0	+ 115,1	+ 151,2	+ 169,6	+ 183,0	+ 177,2	+ 159,6	+ 124,4	+ 69,6
	ber.	+ 64,5	+ 115,7	+ 151,5	+ 169,7	+ 183,0	+ 177,4	+ 160,0	+ 125,0	+ 70,0
$\frac{1}{2}\left(\frac{II}{IV} + \frac{IV}{II}\right)$	beob.	+ 39,8	+ 80,2	+ 117,4	+ 141,8	+ 151,8	+ 140,5	+ 121,0	+ 86,2	+ 44,8
	ber.	+ 39,7	+ 80,4	+ 118,0	+ 142,0	+ 152,4	+ 141,0	+ 121,2	+ 86,2	+ 44,8
$\frac{1}{2}\left(\frac{III}{IV} + \frac{IV}{III}\right)$	beob.	+ 35,4	+ 63,2	+ 86,0	+ 101,5	+ 108,5	+ 103,0	+ 90,3	+ 73,5	+ 46,4
	ber.	+ 35,0	+ 62,5	+ 84,9	+ 101,3	+ 108,0	+ 102,4	+ 89,6	+ 72,8	+ 46,2

Aus der Tabelle folgt, daß man die Luftdicken auf etwa 1 $\mu\mu$ genau erhält. Die Platten müssen also in ihrer ganzen Masse die gleiche Temperatur haben. Denn würde diese von der Mitte bis zum Rande der Platten nur um 0,01° steigen, so würde die Luftdicke für den mittleren Punkt 5 bereits um 1,1 $\mu\mu$ zunehmen. Um daher im Beobachtungsraume genügend konstante Temperatur zu haben, mußten die Arbeiten während der kalten Jahreszeit teils im ungeheizten, teils im dauernd elektrisch ein wenig angeheizten Zimmer ausgeführt werden.

Im ganzen wurden von jeder der acht Flächen je drei Durchmesser ausgemessen. Die Planheit längs eines Durchmessers entsprach immer ungefähr derjenigen einer Kugelfläche

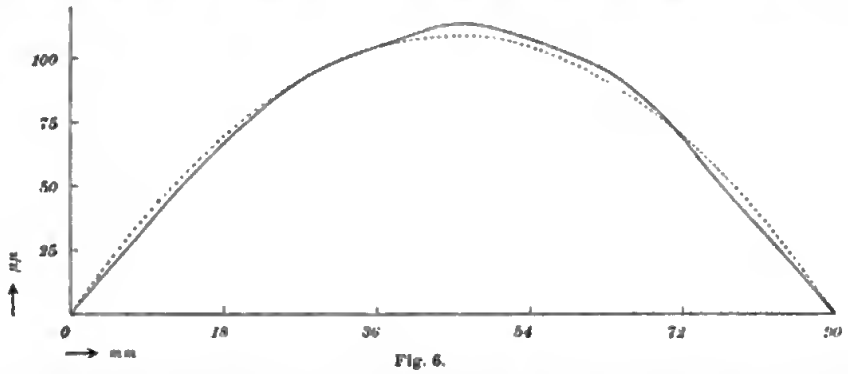


Fig. 6.

von sehr großem Krümmungsradius. So gibt z. B. in Fig. 6 entsprechend dem in der folgenden Tabelle enthaltenen Zahlenmaterial die ausgezogene Kurve die längs eines Durchmessers beobachteten Fehler, während die gestrichelte Linie der der Fehlerkurve sich am besten anschmiegenden Kreislinie von 109 $\mu\mu$ Pfeilhöhe entspricht.

Linie	Fehler in $\mu\mu$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Beobachtete Fehlerkurve	— 35	— 67	— 92	— 105	— 114	— 108	— 96	— 69	— 34
Berechnete Kreislinie	— 39	— 70	— 92	— 105	— 109	— 105	— 92	— 70	— 39

Da die verschiedenen Durchmesser einer Fläche im Mittel bis auf etwa ± 7 $\mu\mu$ die gleiche Pfeilhöhe lieferten, so können hier kurz die acht Flächen im großen und ganzen durch ihre mittleren Pfeilhöhen D charakterisiert werden. Aus D berechnet sich leicht der zugehörige Krümmungsradius r der Fläche, sowie der Winkel β, den das Flächenelement in der Mitte mit einem Flächenelement am Rande der Platte bildet. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Platte	Fläche	Krümmungssinn	Mittlere Pfeilhöhe D in $\mu\mu$	Krümmungsradius der Fläche r in Kilometer	Winkel zwischen zwei um 45 mm voneinander entfernten Flächenelementen β in Sekunden
I	obere	konvex	26	39	0,24
	untere	konkav	6	170	0,055
II	obere	konkav	103	9,8	0,94
	untere	konkav	52	19	0,48
III	obere	konkav	71	14	0,65
	untere	konkav	2	510	0,018
IV	obere	konkav	35	29	0,32
	untere	konkav	62	16	0,57

Wie die Tabelle lehrt, besitzen die Platten einen sehr hohen Grad der Planheit.

Um spätere Planheits-Bestimmungen zu erleichtern, sowie die Planheit undurchsichtiger spiegelnder Flächen ermitteln zu können, muß man unbedingt neben den idealen Fehlern v auch die Durchbiegungen d kennen, d. h. die wirklichen Fehler der in obiger Weise aufgelagerten Platten. Aus den obigen Messungen ergibt sich nämlich immer nur die Differenz der Durchbiegungen zweier Platten gemäß der Gleichung

$$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{II}-\frac{II}{I}\right) = d_2 - d_1 .$$

Zur Bestimmung der Größen d kann man mehrere Wege einschlagen. Am einfachsten ist es, die untere Platte ideal anzulagern, also z. B. frei auf Quecksilber schwimmen zu lassen. Die nach dieser Methode angestellten Versuche gelangen über Erwarten gut. Trotz der unausbleiblichen Erschütterungen der Quecksilberoberfläche zitterten die zwischen den Platten erzeugten Interferenzringe am Tage zumeist nur wenig, des Nachts aber gar nicht.

So sind z. B. die Durchbiegungen d_2 eines Durchmessers der Platte II in der folgenden Tabelle enthalten, die gleichzeitig zeigt, daß die Durchbiegung der Platte längs dieses Durchmessers eine genau kreisförmige ist.

Linie	Durchbiegungen d_2 in $\mu\mu$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Beobachtete Durchbiegungskurve	4,3	6,2	10,2	10,7	12,9	12,5	9,5	8,2	3,5
Berechnete Kreislinie	4,3	7,7	10,1	11,5	12,0	11,5	10,1	7,7	4,3

Entsprechend sind die Durchbiegungen der analogen Durchmesser der anderen drei Platten für den mittleren Punkt 5 in $\mu\mu$

$$d_1 = 8{,}6 \qquad d_3 = 9{,}8 \qquad d_4 = 12{,}4 .$$

Somit ist die Aufgabe einer genauen Planheits-Bestimmung endgültig gelöst.

5. Dioptrische Prüfungen[1]).

An acht Galileischen Doppelfernrohren wurde die Vergrößerung, das Gesichtsfeld und die Lichtstärke bestimmt. Zwei Prismen-Doppelfernrohre wurden auf die Lichtdurchlässigkeit ihrer Prismen und Linsen geprüft. Außerdem wurden an zwei Glasprismen die Lichtbrechungsquotienten für 6 verschiedene Stellen des Spektrums gemessen.

Der von der Firma Otto Toepfer & Sohn in Potsdam gebaute Objektivprüfungsapparat nach Prof. J. Hartmann ist im Herbst geliefert worden. Das dazugehörige Objektiv, ein dreiteiliges apochromatisches Fernrohrobjektiv ohne sekundäres Spektrum nach Dr. König von 90 *mm* Öffnung und 135 *cm* Brennweite ist von der Firma Carl Zeiß hergestellt.

V. Chemische Arbeiten.

1. Verwitterung optischen Glases[2]).

Das in der optischen Industrie vorliegende Bedürfnis, die Verwitterbarkeit der verschiedenen Glasarten durch abgekürzte Methoden zu bestimmen, hat zu einer weiteren Beschäftigung mit der *Eosinprobe* und besonders zum Studium ihrer Fehlerquellen Veranlassung gegeben.

Nachdem eine bequeme und sichere Handhabung des Verfahrens erreicht war, konnte in Verbindung mit der Firma Schott & Gen. festgestellt werden, daß bei der Reaktion ätherischer Eosinlösung an Bruchflächen verschiedener Glasarten die roten Eosin-Niederschläge in der gleichen Reihenfolge zunehmen, wie die aus Alkalikarbonat bestehenden Verwitterungsbeschläge an den geschliffenen Objekten.

Danach ist die Eosinprobe als ein technisch brauchbares Mittel zur hydrolytischen Charakterisierung der Glasarten anzusehen.

Außer den Jenaer Glaswerken hat auch die Rathenower optische Industrieanstalt vorm. Busch von der amtlichen Prüfung ihres Glasmaterials nach der neuen Methode vielfach Gebrauch gemacht, und es hat sich dabei gezeigt, daß die letztere auch da noch zahlenmäßige

[1]) Brodhun.
[2]) Mylius.

Unterschiede der Verwitterbarkeit zu erkennen erlaubt, wo die Dauerbeobachtung der natürlichen Karbonatbeschläge kein bestimmtes Urteil ergibt.

Die Anwendung der Eosinprobe in der Glastechnik erstreckt sich einstweilen nur auf die gewöhnlichen Silikatgläser und in der Optik auf die zahlreichen Krongläser; die bleihaltigen Flintgläser und die schweren Barytgläser bedürfen noch orientierender Versuche, welche in Gemeinschaft mit der Firma Schott & Gen. an 24 verschiedenen Glastypen ausgeführt werden sollen.

Über die bisherigen Ergebnisse der „Eosinreaktion des Glases an Bruchflächen" liegt eine gedruckte Mitteilung vor (Anh. Nr. 41).

2. Wasserhaltiges Glas und seine Veränderungen[1]. Die Versuche „über Entstehung und Veränderung von *wasserhaltigem Glase*" sind durch eine Veröffentlichung zum Abschluß gekommen (Anh. Nr. 40).

3. Wasserglas[2]. Die im vorjährigen Bericht erwähnte Untersuchung über das *Wasserglas* wurde veröffentlicht (Anh. Nr. 43).

4. Verwitterung des Glases[3]. Eine zusammenfassende, für die Technik bestimmte Mitteilung behandelt die neueren Versuche über die „*Verwitterung des Glases*" (Anh. Nr. 42).

5. Schmelzgeräte für reines Eisen[4]. Nachdem größere Mengen *gereinigten Eisens* in Pulverform nach dem früher erwähnten *Nitratverfahren* hergestellt worden sind, sollen dieselben zunächst durch Schweißen unter Druck, dann durch Zusammenschmelzen in kompaktes Metall übergeführt werden. Zu diesem Zweck war es nötig, sich über das Material zu den Schmelzgefäßen zu orientieren, da von diesen die Lösung der ganzen Aufgabe abhängt.

Das Tiegelmaterial muß so beschaffen sein, daß es eine Verunreinigung des schmelzenden Metalls nicht zuläßt. Die Anwendung von Porzellan, Chamotte oder verglastem Quarz ist einerseits wegen der zu niedrigen Schmelztemperatur, anderseits wegen der unvermeidlichen Reduktion des Siliziums ausgeschlossen. Man ist daher auf die Benutzung von Oxyden der Erdmetalle angewiesen, welche eine Temperatur von 2000° vertragen und durch Eisen nicht reduziert werden.

Der früher zu ähnlichen Zwecken verwendete *gebrannte Kalk* ist in letzter Zeit vielfach durch *gebrannte Magnesia* ersetzt worden, welche in der Kgl. Porzellan-Manufaktur in Berlin jetzt zu jeder gewünschten Form verarbeitet werden kann.

Es ist weiter festzustellen, daß nach neueren Versuchen der genannten Anstalt auch die *reine Tonerde* (Al_2O_3) sich zu Schmelzgeräten formen läßt.

Endlich besteht die Möglichkeit, solche Geräte aus *Zirkonoxyd* (ZrO_2) anzufertigen, wie mehrfach erfolgreiche Versuche der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin dargetan haben. Die Verarbeitung der lockeren Oxyde zu festen Geräten bietet in allen Fällen bedeutende keramische Schwierigkeiten und läßt sich anscheinend nur unter Vermittelung organischer Bindemittel erreichen.

Die bis jetzt zum Vergleiche vorliegenden Tiegel und Retorten aus Magnesia, Tonerde und Zirkonoxyd entsprechen hinsichtlich der Dichte noch nicht den zu stellenden Anforderungen; sie sind, bei etwa 1500° gebrannt, in gleicher Weise porös und für Wasser sowie für Gase leicht durchdringlich, in diesem Zustande also für die Schmelzversuche nicht geeignet. In allen drei Fällen tritt bei dem Erhitzen mit dem Sauerstoffgebläse noch ein merkbares Nachsintern ein, welches zu kaum vermeidlicher, bei den Schmelzversuchen besonders störender Rissbildung führt; die Tonerde kann dabei zum Schmelzen gebracht werden, die Porosität der beiden anderen Oxyde wird durch gesteigerte Hitze nicht aufgehoben. Die Magnesia nimmt bei längerem Erhitzen im elektrischen Ofen kristallische Struktur an.

Gegenüber diesem porösen Material ist nun insofern ein wesentlicher Fortschritt zu verzeichnen, als es der Kgl. Porzellan-Manufaktur in der neuesten Zeit gelungen ist, aus

[1]) Mylius, Groschuff.
[2]) Mylius.
[3]) Mylius.
[4]) Mylius, Groschuff.

Digitized by Google

innigen *Mischungen* der genannten Oxydarten kleinere Geräte zu erzeugen, welche bei Anwendung hoher Brenntemperatur nahezu die Dichte des Porzellans aufweisen.

Obwohl einstweilen der Weg zur Herstellung dieser Geräte als sehr mühevoll bezeichnet wird, ist doch die Hoffnung berechtigt, daß die großen Schwierigkeiten der Beschaffung feuerfester Schmelzgefäße durch Verfolgung dieser Versuche zu überwinden sind.

6. Wirkung alkalischer Schmelzen auf Platin[1].

Die Untersuchung über die *Abnutzung der Platingeräte* hat zu einer im Druck befindlichen Mitteilung über die Wirkung alkalischer Schmelzen auf Platin geführt.

7. Platin und Leuchtgas[2].

In der technischen Laboratoriumspraxis glaubt man bemerkt zu haben, daß Platingeräte gleicher Form und Größe bei dem Erhitzen mit gleichartigen Leuchtgasflammen eine voneinander *verschiedene Abnutzung* erfahren, obwohl sie aus angeblich reinem Metall bestehen.

Versuche zur Nachprüfung dieser wichtigen Frage bestätigten die Richtigkeit der Beobachtung und ergaben ein empfindliches Kennzeichen des verschiedenen Angriffes in der Einwirkung von Leuchtgas unter Luftabschluß bei etwa 600°. Zum Unterschiede vom „guten Platin“ bedeckt sich dabei das „schlechte Metall“ mit Ruß.

Die Rußbildung scheint herbeigeführt zu werden durch minimale Verunreinigungen, welche dem Platin bei dem Walzprozeß zugeführt werden, und welche nachträglich schwer zu entfernen sind. Bei der Fortsetzung der Versuche wird es sich ergeben, ob hier neben dem Eisen noch andere Verunreinigungen wirksam sind, und in welcher Weise dieselben zur Abnutzung des Platins beitragen.

Auch einzelnen Platinmetallen, wie z. B. dem Rhodium, ist ein starker katalytischer Einfluß auf die Rußbildung zuzuschreiben.

8. Kaliumchromate[3].

Die Versuche über das Verhalten der Kaliumchromate sowie der Molybdänsäure und ihrer Natriumsalze bei höherer Temperatur sind abgeschlossen; Mitteilungen darüber befinden sich im Druck.

9. Molybdänsäure und ihre Salze[4].

Über die Wechselwirkung zwischen Kieselsäure und Phosphorsäure (s. Tätigkeitsbericht für 1905) liegt eine druckfertige Mitteilung vor.

10. Kieselsäure und Phosphorsäure[5].

Die Beteiligung an der Untersuchung über Metallbeizen siehe unter ***VI.***

11. Metallbeizen[6].

VI. Arbeiten der Werkstatt.

Den Gegenstand größerer Arbeiten bildeten

1. Herstellung von Apparaten u. s. w.

1 Apparat zur Messung kleiner Drucke,

2 Linienwähler auf $1{,}5 \times 2$ *m* großen Marmortafeln für den Dynamosaal des Starkstrom-Laboratoriums zur Verteilung der Drehstrom-Energiequellen auf die verschiedenen Arbeitszimmer,

6 Quecksilber-Kommutatoren,

3 Relais für 4 und 3 für 6 Stromkreise zur Prüfung von Trocken-Elementen bei intermittierender Stromlieferung,

1 Elektrometerschalter, mit Schutzdeckel gegen Hochspannung versehen, zur Herstellung der für Wechselstrommessungen (Spannung und Leistung) erforderlichen Verbindungen,

7 Plattenkondensatoren in Glasgefäßen für Versuche mit elektrischen Schwingungen (Kapazität etwa $^1/_{100}$ Mikrofarad),

1 rotierender Hohlspiegel (Spiegeldurchmesser $10^1/_2$ *cm*) mit Friktionsübertragung für Tourenzahlen bis 200 pro Sek. zur Analyse elektrischer Schwingungen,

[1]) Hüttner.
[2]) Mylius, Hüttner.
[3]) Groschuff.
[4]) Groschuff.
[5]) Hüttner.
[6]) Mylius, Franz von Liechtenstein.

1 Apparat zur Bestimmung der thermischen Ausdehnung zwischen 0° und 500°,
1 Apparat zur Benutzung des Schwefel-Siedepunkts bei Thermometerprüfungen,
1 rotierender Sektor mit unveränderlichem Winkel von 90° bezw. 45° für die Prüfung optischer Pyrometer,
2 Stative für schwarze Körper.

2. Stempelungen. Mit Beglaubigungs- und Prüfungsstempeln wurden versehen

7 Spindeln und Schraublehren,
53 Stimmgabeln,
148 Widerstände und Normalelemente,
184 Stäbe und Streifen aus Eisen und Stahl für magnetische Untersuchungen,
1 Kalorimeter,
107 Hefnerlampen,
13 Fassungen für Quarz.

3. Weitere Versuche über Metallbeizen[1]. In der Werkstatt wurden in Gemeinschaft mit dem Chemischen Laboratorium die Versuche über die Färbung der Metalle durch Beizen fortgesetzt.

Gegenüber den älteren Rezepten wurden verbesserte Vorschriften ausgearbeitet für

1. das Schwarzbrennverfahren mit Kupfernitratlösung in Anwendung auf Messing und Rotguß;
2. die Blauschwarzbeize mit ammoniakalischer Kupferlösung für Messing und Zinkrotguß;
3. die Graubeize mit Arsenchlorürlösung für Messing, Zink- und Zinnrotguß;
4. die Violettbeize mit Antimonchlorürlösung für Messing, Zink- und Zinnrotguß sowie für Kupfer.

Auf dem Mechanikertage zu Hannover wurden diese Beizmethoden an der Hand einer größeren Sammlung gefärbter Metallobjekte näher erläutert.

Bei der Dauerbeobachtung hat sich ergeben, daß der Arsenüberzug auf gewalztem Messing dauerhafter ist, als auf den polierten Gußstücken, wo das allmähliche Auftreten bunter Anlauffarben deutliche Oxydation anzeigt.

Weitere, noch nicht abgeschlossene Versuche wurden über die Braunfärbung von Messing und anderen Kupferlegierungen ausgeführt, ebenso über die Schwarzfärbung von Eisen, Zink, Aluminium, Magnalium u. s. w.

Bei den leichteren Metallen gibt die Anwendung von Antimon sehr leicht zu Schwarzfärbung Veranlassung, doch beschleunigt das letztere auffallend die Verwitterung (Oxydation) der Metallunterlagen, sodaß man zu anderen Mitteln greifen muß.

Über den Fortschritt der Arbeit soll in gedruckten Mitteilungen berichtet werden.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Warburg.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1906. *Diese Zeitschr.* **27.** *S. 109—124, 147—160, 184—200. 1907.*
2. Denkschrift über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von Anfang 1904 bis Ende 1906. Dem Reichstage vorgelegt.

[1]) Myliis, Franz von Liechtenstein.

Digitized by Google

3. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter Nr. 17, 18, 19, 20, 21, 22. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1907. S. 233, 281, 361, 421, 502, 564; Elektrotechn. Zeitschr. 28. S. 673, 716—718, 861—862, 991—992. 1907.*
4. Prüfungsbestimmungen für Zähigkeitsmesser nach Engler. *Zeitschr. f. angewandte Chemie 20. S. 832. 1907; Petroleum, Zeitschr. f. die Gesamtinteressen der Petroleum-Ind. u. des Petroleumhandels 2. S. 602. 1907; Chemiker-Ztg. 31. S. 447. 1907; Die Chemische Industrie 30. S. 211. 1907; Chemische Revue über die Fett- und Harz-Ind. 14. S. 118. 1907.*

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

5. Grüneisen, Interferenzapparat zur Messung elastischer Dehnungen von Stäben. *Diese Zeitschr. 27. S. 38—51. 1907.*
6. Grüneisen, Die elastischen Konstanten der Metalle bei kleinen Defermationen. I. Der dynamisch und statisch gemessene Elastizitätsmodul. *Ann. d. Physik 22. S. 801—851. 1907.*
7. Thiesen, Zur Theorie des geschlossenen Resonators. *Ann. d. Physik 24. S. 401—438. 1907.*
8. Scheel und Heuse, Bestimmung der Ausdehnung des Platins zwischen —183° und Zimmertemperatur mit dem Komparator und dem Fizeauschen Apparat. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch. 9. S. 449—459. 1907; Physikal. Zeitschr. 8. S. 756—761. 1907.*
9. Scheel, Über die Ausdehnung des Quarzglases. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch. 9. S. 718—721. 1907.*
10. Henning, Über die Ausdehnung fester Körper bei tiefer Temperatur. *Ann. d. Physik 22. S. 631—639. 1907.*
11. Heiborn und Henning, Über die spezifische Wärme von Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bis 1400°. *Ebenda 23. S. 809—845. 1907.*
12. Henning, Über den Sättigungsdruck des Wasserdampfes. *Ebenda 22. S. 609—630. 1907.*
13. Jaeger, vgl. Jaeger und Lindeck, Nr. 37.
14. Warburg und Leithäuser, Über die Oxydation des Stickstoffs bei der Wirkung der stillen Entladung auf atmosphärische Luft. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1907. S. 229—234; Ann. d. Physik 23. S. 209—225. 1907.*
15. Warburg, Leithäuser und Jehansen, Über das Vakuumbelemeter. *Ann. d. Physik 24. S. 25—42. 1907.*
16. v. Baeyer, Über die Struktur feinster Spektrallinien. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch. 9. S. 84—90. 1907.*
17. Gehrcke und Reichenheim, Anodenstrahlen. Zweite, dritte und vierte Mitteilung. *Ebenda 9. S. 76—83, 200—204, 373—378. 1907; Physikal. Zeitschr. 8. S. 724—726. 1907.*
18. Gehrcke und Reichenheim, Über die Fluereszenzfarben des Glases unter der Wirkung von Kathodenstrahlen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch. 9. S. 593—597. 1907.*
19. Gehrcke und Reichenheim, Interferenzen planparalleler Platten im kontinuierlichen Spektrum. *Ann. d. Physik 23. S. 745—757. 1907.*
20. Heibern, *Optical Pyrometry. Engineering 84. S. 345. 1907.*

Private Veröffentlichungen.

21. Warburg, Einige Bemerkungen über photochemische Wirkung. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch. 9. S. 753—757. 1908.*
22. Scheel, Über thermische Ausdehnung in tiefer Temperatur. *Physikal. Zeitschr. 8. S. 755. 1907.*
23. Scheel, Bestimmung der Brechungsexponenten von Gasen bei Zimmertemperatur und bei der Temperatur der flüssigen Luft. *Zeitschr. f. Elektrochem. 13. S. 447—449. 1907.*

Digitized by Google

24. Scheel, Die Fizeausche Methode zur Bestimmung der Ausdehnung fester Körper und ihre Anwendung zur Ermittelung anderer physikalischer Konstanten. *Naturwiss. Rundschau* **22.** *S. 158—159, 169—171, 185—186. 1907.*
25. v. Steinwehr, Bearbeitung des Abschnitts über elektrische Maße in „Winkelmanns Handbuch der Physik".
26. Gehrcke, Einfaches interferenzspektroskop. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 529—533. 1907: Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 781—783. 1907.*
27. Gehrcke und Reichenheim, Die Strahlen der positiven Elektrizität. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 380—385. 1907; Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 726—728. 1907.*

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

28. Blaschke, Transversalkomparator des Präzisionsmechanischen Laboratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Diese Zeitschr.* **27.** *S. 361—369. 1907.* Auszug aus einem Vortrage, gehalten auf der 79. Vers. Deutscher Naturf. u. Ärzte, Dresden 1907: *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 460—462. 1907; Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 760—761. 1907.*
29. H. Schultze, Ein neues Quadrantenelektrometer für dynamische Messungen. *Diese Zeitschr.* **27.** *S. 65—75. 1907.*
30. H. Schultze, Ein Verfahren zur Schlüpfungsmessung an Asynchronmotoren. *Elektrotechn. Zeitschr.* **28.** *S. 557—559. 1907.*
31. G. Schulze, Spannungsgefälle an Aluminiumanoden. *Ann. d. Physik* **22.** *S. 543—558. 1907.*
32. G. Schulze, Über das Verhalten von Tantalelektroden. *Ebenda* **23.** *S. 226—246. 1907.*
33. G. Schulze, Über die elektrolytische Ventilwirkung der Metalle Magnesium, Antimon und Wismut. *Ebenda* **24.** *S. 43—54. 1907.*
34. Giebe, Messung induktiver Widerstände mit hochfrequenten Wechselströmen. Methode zur Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten. *Ann. d. Physik* **24.** *S. 941—959. 1907.*
35. Diesselhorst, Absolute Messung der Wellenlänge elektrischer Schwingungen. *Jahrb. d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie* **1.** *S. 262—279. 1907.*
36. Diesselhorst, Analyse elektrischer Schwingungen mit dem Glimmlichtoszillographen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **9.** *S. 317—319. 1907.*
37. Jaeger und Lindeck, *The Variation of Manganin Resistances with Atmospheric Humidity. The Electrician* **59.** *S. 626. 1907.*
38. Hoffmann und Rothe, Über die Ausdehnung des technischen Pentans in tiefen Temperaturen und die Skala der Pentanthermometer. *Diese Zeitschr.* **27.** *S. 265—271. 1907.*
39. Brodhun, Meßbare Lichtschwächung durch rotierende Prismen und ruhenden Sektor. *Ebenda* **27.** *S. 8—18. 1907.*
40. Mylius und Groschuff, Über Entstehung und Veränderung von wasserhaltigem Glase. *Zeitschr. f. anorg. Chem.* **55.** *S. 101—118. 1907.*
41. Mylius, Die Eosinreaktion des Glases an Bruchflächen. *Ebenda* **55.** *S. 233—260. 1907.*
42. Mylius, Über die Verwitterung des Glases. *Deutsch. Mech.-Ztg. 1908. S. 1—6. 13—16, 21—24, 33—35, 41—43.*
43. Mylius, Über das Wasserglas. *Verhandl. des VI. internationalen Kongresses f. angewandte Chemie, Rom 1906. Sekt. 2, S. 677—686. 1907.*

Private Veröffentlichungen.

44. Orlich, Über Aufnahme von Wechselstromkurven durch Oszilliographen und ihre Analyse. *Arch. d. Math. u. Phys.* **12.** *S. 159—167, 230—240. 1907.*
45. Orlich, Notiz über die Leistungsmessung in Drehstrom-Systemen mit Nulleiter. *Elektrotechn. Zeitschr.* **28.** *S. 71—72. 1907.*

Digitized by Google

46. Liebenthal, Praktische Photometrie. XV, 445 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1907.
47. Rothe, Über die Bekleidung einer Fläche mit einem Gewebe („Kurvennetze ohne Umwege"). *Sitzungsber. d. Berl. Math. Ges.* **7.** *S. 12—18. 1907.*
48. Hoffmann und Rothe, Bemerkung zu der Arbeit der Herren A. Smith und C. M. Carson: „Über den amorphen Schwefel. IV." *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **59.** *S. 448—450. 1907.*
49. Lindemann, Die Entwickelung der drahtlosen Telegraphie (Vortrag). *Deutsch. Mech.-Ztg. 1907. S. 153—160.*
50. Schmidt, Über einen Vakuumhahn mit Quecksilberdichtung. *Ebenda 1908. S. 10.*

Referate.

Markscheiderische und geodätische Instrumente nach Cséti.

Von E. Doležal. *Sonderabdruck aus Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1907. Nr. 20—26. 4°. 24 S. Wien. Manz.*

Seiner Beschreibung des Csétischen Gruben-Nivellierinstruments nebst Hängelatte (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 55. 1907*) läßt der Verf. hier die einer ganzen Anzahl weiterer Instrumente für markscheiderische und feldmesserische Zwecke folgen, die sämtlich von Prof. Cséti entworfen und meist von R. & A. Rost in Wien ausgeführt worden sind. Die Instrumente sind folgende: 1. Ein Zentrierstativ mit sehr großem Spielraum für die Versetzung des Theodolits bei der Zentrierung, das bei Messungen unter und über Tag (z. B. bei Stadtaufnahmen in Ungarn und in Schweden) sich gut bewährt haben soll. 2. Die Schemnitzer Grubensprelze aus Metall zur Aufstellung des Theodolits oder Nivelliers; die Länge ist veränderlich, sodaß die Spreize der wechselnden Streckenbreite angepaßt werden kann. Die Hunde können unter ihr weitergeschoben werden u. s. w.; das Gewicht der Spreize für eine durchschnittlich 2 *m* weite Strecke ist $7^1/_2$ *kg*. Die Spreize, die in Ungarn viel benutzt werden soll, verdient ohne Zweifel weitere Verbreitung; Prof. v. Szent-Istványi, der Nachfolger Csétis an der Montanschule Schemnitz, hat noch Verbesserungen angegeben, die die Anwendung der Spreize nicht nur als Querspreize in Strecken, sondern auch in beliebiger Neigung gestatten. 3. Ein Ahloteapparat (Schemnitzer Senkelapparat) für schwingende Lote und mit Fixiervorrichtung. 4. Ein Tachymeterinstrument mit Hängelatte (optisches Distanz- und Höheninstrument) zur Grubenzugmessung mit verlorenen Punkten. Das Instrument beruht auf demselben Prinzip wie das neuere von Láska-Rost (vgl. den Aufsatz von Láska in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 225. 1905* oder die Schrift von Dokulil, Universaltacbymeter Láska-Rost, Wien 1906). 5. Das bereits im Eingang angeführte Grubennivellier. 6. Das Schemnitzer Nivellierband besteht aus Leinen, ist 3 *m* lang und 12 *cm* breit, auf einer Spule aufgerollt, von der es nach Bedarf abgewickelt werden kann, und an der unten ein Gewicht hängt. 7. Die Schemnitzer Nivellierlatte besteht aus zwei, je 1,6 *m* langen, 7 *cm* breiten und 2 *cm* starken Latten, die aneinander verschiebbar und feststellbar sind. Die „Projektionsapparate" endlich sind für die mechanische Auswertung der Produkte $x = s \cdot \cos \alpha$, $y = s \cdot \sin \alpha$ für rechtwinklige Koordinaten von Polygonpunkten bestimmt; Cséti hat zwei solche Apparate konstruiert, nämlich 8. einen „Koordinatenmesser" als Projektionsapparat mit Maßstäben (Quadrant von 50 *cm* Halbmesser, $^1/_3{}^0$-Teilung, durch Nonius $1'$; die Projektionen sollen auf 5 Stellen ablesbar sein) und 9. einen interessanten „Projektionsapparat mit Meßrollen", der 4-stellige Ergebnisse liefern soll.

Die kleinen Hülfsapparate (10. logarithmische Skalen, 11. Gradbogen) übergehe ich hier; erwähnt sei nur noch 12. der ungarische Meßtisch, für Forstvermessungszwecke leicht, bequem transportfähig hergestellt, und 13. die ungarische Waldbussole, an der die Bodenplatte der Bussole durch einen Spiegel ersetzt ist; dadurch ist ermöglicht, bei der Ablesung

Digitized by Google

die Spitze der Magnetnadel mit ihrem Spiegelbild koinzidieren zu lassen und so parallaktische Ablesefehler zu vermeiden.

Die Gesamtheit dieser Instrumente zeigt, daß Csèti mit Erfolg die Vervollkommnung besonders des Instrumentariums des Markscheiders anstrebte. *Hammer.*

Die Wärmeleitfähigkeit von Wärmeisolierstoffen.

Von W. Nußelt, *Inaugural-Dissertation. Technische Hochschule München 1908. gr. 8°. 88 S.*

Die älteren Versuche zur Prüfung der Wärmeleitfähigkeit von Isolierstoffen, die in ihrem Anwendungsgebiet entweder sehr beschränkt oder theoretisch nicht einwandfrei sind, werden zunächst ausführlich besprochen und kritisiert. Die bei diesen Messungen günstigste Methode besteht darin, daß man durch den zu untersuchenden Körper pro Zeiteinheit ein bestimmtes Wärmequantum schickt und nach Eintritt des stationären Zustandes die Temperaturverteilung innerhalb des Körpers beobachtet. Die älteren Versuche besitzen besonders den Mangel, daß das Wärmequantum sehr ungenau gemessen ist. Gerade in diesem Punkte bemüht sich der Verf., seine Versuche, die in dem Laboratorium für technische Physik angestellt wurden, möglichst einwandfrei zu gestalten. Er verlegt die elektrisch gespeiste Wärmequelle ins Innere des Isolators, sodaß alle hier erzeugte Wärme, die leicht berechenbar ist, durch den Isolierstoff gehen muß. Der Isolierstoff wird symmetrisch zur Wärmequelle angeordnet, und zwar entweder in Form einer Kugel oder eines Würfels. Die Wärmeleitfähigkeit kann nach der Fourierschen Theorie nun aus der im Innern des Stoffes gemessenen Temperatur berechnet werden, wenn die Oberfläche der Isolierschicht in allen Punkten dieselbe Temperatur besitzt. Bei der Kugel ist diese Bedingung leicht erfüllbar, wenn man der Heizstelle im Innern des Isolators auch die Form einer Kugel gibt. Dann sind die Flächen gleicher Temperatur Kugelschalen. Sind nach Eintritt des stationären Zustandes die Temperaturen t_1 und t_2 an zwei Stellen des Isolators gemessen, die den Radien r_1 und r_2 zugehören, so ist die Wärmeleitfähigkeit

$$k = \frac{Q}{4\pi} \frac{r_1 - r_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{r_1 \cdot r_2},$$

wenn Q die pro Zeiteinheit im Heizkörper erzeugte Wärmeenergie ist.

Erheblich komplizierter ist der entsprechende Ausdruck beim Würfel. Hier konnte die Temperatur der äußeren Oberfläche nur dadurch gleichförmig gehalten werden, daß der Würfel in ein doppelwandiges Metallgefäß gesetzt wurde, durch das dauernd Wasser von konstanter Temperatur strömte. Weiter ist es aber für die Einfachheit der Rechnung nötig, daß die innere Heizfläche zusammenfällt mit einer Fläche gleichförmiger Temperatur, wenn man sich eine punktförmige Wärmequelle im Mittelpunkt des Würfels angebracht denkt. Bei den gegebenen Abmessungen (Kantenlänge des Würfels 60 *cm*) war dies in ausreichendem Maße der Fall, wenn die Heizung in einer Kugel von 15 *cm* Durchmesser stattfand, deren Zentrum im Mittelpunkt des Würfels lag.

Die Heizung geschah durch Glühlampen, Nickelinwiderstände oder Platinwiderstände, je nach der Temperatur, die erzeugt werden sollte. Nach Einschalten der Heizung dauerte es 2 bis 8 Tage, bis der stationäre Zustand erreicht war. Da während dieser Zeit die Außentemperatur der Kugeln und des Würfels konstant bleiben mußte, wurde die Versuchsanordnung in einem Kellerraum aufgestellt, wo die Temperatur sich wenig veränderte. Die Kugel, in der die Heizkörper angeordnet waren, bestand aus 1,5 *mm* dickem Kupferblech, sodaß eine völlig gleiche Temperaturverteilung auf der Oberfläche gewährleistet war.

Die äußeren Kugeln bestanden aus Zinkblech und hatten 60 bezw. 70 *cm* Durchmesser. Die kleinere Kugel wurde lediglich bei Stoffen benutzt, deren Füllung für die große Kugel zu kostspielig gewesen wäre. Der aus Eisenblech hergestellte Würfel kam zur Anwendung bei Stoffen, die in parallelepipedischen Steinen in den Handel kommen und sich leicht zu einem Würfel zusammenschichten lassen. Etwa zwischen den Steinen bleibende Fugen wurden mit gepulvertem Material ausgefüllt.

Die Temperaturen wurden durch Thermoelemente aus Eisen und Konstantan gemessen, von denen meist 12 an verschiedene Stellen des Isolierstoffes geführt wurden. Die Ablesung

Digitized by Google

geschah durch den Ausschlag eines Galvanometers, dessen Skale für jedes Element zuvor mittels eines bekannten Thermometers geeicht war.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate in der Zusammenstellung des Verf. k ist definiert als die in Kilogramm-Kalorien ausgedrückte Wärmemenge, die pro Stunde durch einen Quadratmeter Querschnitt fließt, wenn das Temperaturgefälle 1 Grad pro Meter beträgt. Unter Dichte ist die pro Volumeneinheit enthaltene Gewichtsmenge der Isoliersubstanz verstanden. Die Zahl gibt also nur ein Maß für die Festigkeit der Packung des Materials.

Wärmeleitvermögen k $\frac{kg\text{-Kalor.}}{m \text{ Stunde Grad C.}}$.

Stoffe	Dichte *kg/cbm*	0	50	100	150	200	250	350	450	600°
Korkmehl	161	0,031	0,041	0,048	0,052	0,055	—	—	—	—
Schafwolle	136	0,033	0,042	0,050	—	—	—	—	—	—
Seide	101	0,038	0,045	0,051	—	—	—	—	—	—
Seidenzopf	147	0,039	0,047	0,052	—	—	—	—	—	—
Baumwolle	81	0,047	0,054	0,059	—	—	—	—	—	—
Blätterholzkohle	215	0,050	0,056	0,063	—	—	—	—	—	—
Sägemehl	215	—	0,055	—	—	—	—	—	—	—
Torfmulle I	160	25°	0,055	—	—	—	—	—	—	—
	190		0,052	—	—	—	—	—	—	—
Kieselgur, lose	350	0,052	0,060	0,066	0,070	0,074	0,076	0,079	—	—
Asphaltierter Korkstein .	200	18°	0,061	—	—	—	—	—	—	—
Isolierkomposition, lose .	405	0,060	0,070	0,076	0,079	0,081	—	—	—	—
Gebrannter Kieselgurformstein	200	0,064	0,071	0,078	0,085	0,092	0,099	0,113	0,127	—
Torfmulle II	195	20°	0,070	—	—	—	—	—	—	—
Kieselgur, gebunden . .	580	—	—	—	0,083	—	—	0,123	—	—
Isolierkomposition, geb.	690	—	—	—	0,100	0,120	—	—	—	—
Hochofenschaumschlacke	360	—	0,095	—	—	—	—	—	—	—
Asbest	576	0,130	0,153	0,167	0,175	0,180	0,183	0,189	0,195	0,204
Hochofenschlackenbeton .	550	—	0,19	—	—	—	—	—	—	—
Rheinischer Bimskies . .	292	—	0,20	—	—	—	—	—	—	—

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß das Wärmeleitvermögen mit der Temperatur ansteigt. Die Genauigkeit der Versuche schätzt der Verf. auf höchstens 1 bis 2%. Bemerkenswert ist das hohe Wärmeleitvermögen von Asbest im Vergleich mit Stoffen wie Kork und Seide.

In einem Anhang gibt der Verf. noch Beobachtungen über die Wärmeisolierfähigkeit von Luftschichten. Er verfolgt den durch Luft stattfindenden Wärmeübergang zwischen zwei konzentrischen Metallzylindern, die 50° bis 200° Temperaturdifferenz besitzen, und findet, daß die Isolation selbst bei stark verdünnter Luft (1 *mm* Quecksilberdruck) im allgemeinen schlechter ist, wie bei Anwendung eines festen Isolators. Bei einer Luftschicht von etwa 1,3 *cm* Dicke ergeben sich Werte von k die zwischen 0,06 und 0,20 lagen. Der Grund dafür ist der besonders bei höherer Temperatur stark hervortretende Einfluß der Wärmestrahlung, die durch die Luft ungehindert erfolgen kann. In einer angenäherten Rechnung wird der auf die Strahlung einerseits und die Leitung und Konvektion andererseits entfallende Bruchteil der übergeführten Wärmemenge zu berechnen versucht.

Durch die Messungen wird die allgemein bekannte Tatsache bestätigt, daß die Luftschicht um so besser isoliert, in je mehr Teile sie durch zwischengeschaltete Wände zerlegt wird.

Es wäre erwünscht gewesen, wenn der Verf. Materialien wie Baumwolle, Seide u. s. w. bei verschieden fester Packung untersucht hätte, um entscheiden zu können, ob die in den Zwischenräumen befindliche Luft von merklichem Einfluß auf den Wärmeübergang ist.

Hng.

Bimetallisches Blatt-Aktinometer.

Von W. A. Michelson. *Physikal. Zeitschr. 9. S. 18. 1908.*

Als ein längst bekannter Mangel in allgemein geophysikalischen, wie speziell meteorologischen Kreisen wird besonders das Fehlen eines bequemen und doch genauen *relativen* Aktinometers zur Messung der direkten Sonnenstrahlung empfunden. Alle absoluten, rein kalorimetrischen Methoden sind, wenn sie genaue Resultate liefern sollen, so umständlich, daß an eine Einführung derselben in die Reihe täglicher meteorologischer Terminbeobachtungen gar nicht zu denken ist. Das heutzutage mit Recht noch am meisten geschätzte elektrische Kompensations-Pyrheliometer von Ångström (vgl. *diese Zeitschr. 20. S. 28. 1900*) ist ein ausgezeichnetes Instrument und in verschiedenen Ländern bereits im Gebrauch. Doch erfordert das Arbeiten mit diesem Apparate eine physikalische Schulung, wie sie bei weitem nicht jeder meteorologische Beobachter besitzt.

Bei seinen jüngsten vielfachen Bemühungen und Versuchen zur Konstruktion eines kompendiösen, relativen Aktinometers ließ Michelson sich von dem Gedanken leiten, daß ein solches Instrument nicht wie alle Kalorimeter Zeitsummen der Sonnenwärme liefern, sondern *in jedem Augenblick* unmittelbar die Intensität der Energieströmung angeben soll, d. h. die Division durch die Zeit soll im Apparat selbst automatisch erfolgen, wie dies ja auch im Ångströmschen Pyrheliometer in der Tat der Fall ist. Der Apparat darf aber auch keine irgendwie komplizierten Manipulationen erfordern, sondern muß direkt durch die bloße Ablesung eine Größe liefern, die der genannten Energieströmung proportional ist.

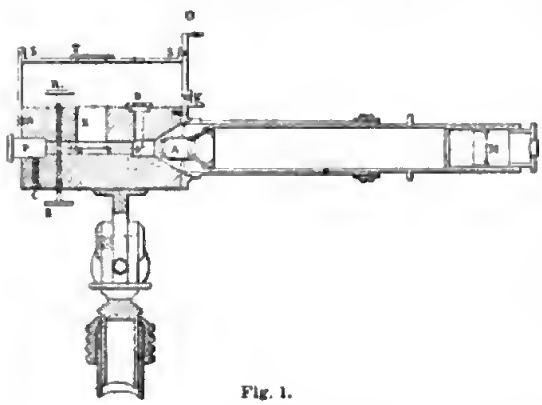


Fig. 1.

Fig. 2.

Nach verschiedenen Vorversuchen, die Glimmersubstanz in Blattform als aktinometrisches Element zu verwenden, kam schließlich nachstehend kurz beschriebene Konstruktion eines bimetallischen Aktinometers zustande, das die stationäre Beobachtungsmethode mit Vorteil anzuwenden gestattet.

Das die Sonnenstrahlung direkt auffangende Element ist eine außerordentlich feine bimetallische Lamelle. Auf ein 0,025 *mm* dickes Platinblech wird aus einer Kupfervitriollösung auf *einer* Seite eine ungefähr ebenso dicke Kupferschicht elektrolytisch niedergeschlagen und dieses feine Platinkupferblatt in schmale (1 bis 2 *mm* breite) Streifen zerschnitten; ein etwa 18 *mm* langer derartiger Streifen *a b* (vgl. Fig. 1) wird in einen Messinghalter *P* in horizontaler Stellung eingelötet. Darauf wird diese so präparierte Lamelle nach dem Lummer-Kurlbaumschen Rezept beiderseits schwarz platiniert. Ihr freies Ende erhält einen sehr leichten, steifen, mit etwas Siegellack befestigten Aluminiumzeiger *b c*, und dieser letztere trägt überdies noch einen sehr kleinen, weißen Beleuchtungsspiegel mit Quarzfaden-Marke, der um 45° zur Achse eines unmittelbar davor aufgestellten Mikrometer-Mikroskops *A M* geneigt ist; in Fig. 2 ist der Zeiger *b c* (von oben gesehen) mit dem kleinen Spiegel und dem Quarzfaden *i* vergrößert dargestellt.

Das Gewicht der Platinkupferlamelle ist nur etwa 20 bis 28 *mg*, das Gewicht des Aluminiumzeigers nur 3 *mg*. Diese Lamelle wird nun in der Achse eines massiven, durchbohrten Kupferzylinders befestigt, der die Rolle des gewöhnlichen Wasserspülgefäßes für Konstanthaltung der Umgebungstemperatur übernimmt und nahe 1300 *g* wiegt. Die Sonnenstrahlen werden zur Lamelle durch einen seitlichen Spalt *N* eingelassen, der 15 *mm* lang und 3 bis 4 *mm* breit ist.

Zur direkten Beleuchtung des kleinen am Lamellenzeiger befindlichen Spiegels ist noch eine besondere, mit Glasfenster verschlossene Bohrung *B* in der massiven umgebenden Kupfer-

hülle vorhanden und letztere überdies durch einen blanken Metallschirm S vor direkter Sonnenstrahlung geschützt. T ist ein weg zu klappender Aluminiumschirm, RR_1 sind Regulierschrauben zum Einstellen der Fadenmarke auf einen bestimmten Teilstrich des Okularmikrometers, OK ist eine Diopter-Einrichtung, die zur Einstellung des Instruments dient.

Die Theorie des sehr sinnreich konstruierten Aktinometers ist kurz folgende. Wenn die Lamelle mit einer ihrer Flächen den Sonnenstrahlen senkrecht ausgesetzt wird, so teilt sich die von dieser Fläche absorbierte Energie in zwei Teile: der eine wird von derselben Fläche wieder ausgestrahlt oder durch Wärmeleitung und Konvektion der Luft abgegeben; der andere Teil dringt als Wärmestrom durch die Platte und wird in ähnlicher Weise von der zweiten, unbeleuchteten Fläche abgegeben. Ist die Lamelle sehr dünn, so kann die Temperaturdifferenz $t_1 - t_2$ der beiden Flächen offenbar nur gering sein. Deren absolute Temperaturen werden ein der Einheit nahes Verhältnis besitzen und die von beiden Flächen abgegebenen Energiemengen auch fast gleich sein. Somit trennt sich der Energiestrom Q an der vorderen geschwärzten Fläche in zwei nahe gleiche Teile, und durch die Platte dringt annähernd die Hälfte der gesamten Sonnenstrahlung. Der durch die Platte geleitete Wärmestrom ist aber genau der Temperaturdifferenz $t_1 - t_2$ proportional. Bezeichnet k die absolute Wärmeleitungsfähigkeit der Lamelle senkrecht zu deren Flächen, e deren Dicke in cm, so dringt durch jedes cm^2 pro Minute die Wärmemenge

$$\frac{Q}{2} = 60\, k\, \frac{t_1 - t_2}{e}.$$

Andererseits kann die Temperaturdifferenz $t_1 - t_2$ unmittelbar durch die Aushiegung der Lamelle mit dem auf ihren scharfen Rand eingestellten Mikrometer-Mikroskop gemessen werden, und die weitere theoretische Behandlung ergibt nun, daß die Ausbiegung y der Platte der auf sie fallenden Sonnenstrahlung Q *direkt proportional* und von deren Dicke völlig *unabhängig* ist.

Michelsons bimetallisches Aktinometer Nr. 1.

Zeit	Angstr. Komp.-Pyrh. Nr. 48 A	Bimetall. Akt. Nr. 1 Ausschlag M	Zahl der Bestimmungen	Verhältnis $\frac{M}{A}$
31. März 1907				
$2^h\ 19^m$	1,254 Kal.	28,6	1	22,8
31^m	1,215	28,2	1	23.2
44^m	1,203	27,9	1	23,2
$47^m - 2^h\ 54^m$	1,197	28,0	5	23,4
$56^m - 3^h\ 02^m$	1,147	26.6	4	23,2
$3^h\ 10^m - 20^m$	1,127	26,2	6	23,2
$4^h\ 00^m - 4^h\ 04^m$	1,083	24,9	2	23,1
$19^m - 24^m$	1,056	24,5	6	23,2
$35^m - 39^m$	1,030	23,7	6	23,0
$5^h\ 18^m - 5^h\ 23^m$	0,777	17,9	9	23,0
$28^m - 33^m$	0.725	16,5	6	22.8

Mittel aus 47 Messungen: 23,1

Die bis jetzt nach diesem Prinzip im physikalischen Laboratorium der Moskauer Landwirtschaftlichen Hochschule gebauten drei Aktinometer ergaben sämtlich sehr konstante Eichungsfaktoren, wie Michelson durch verschiedene Messungen belegt. Einer Strahlung von 1 Kalorie pro Minute und cm^2 entsprach ein Ausschlag von 23,1 Skalenteilen am Okular-Mikrometer, und die Einzelwerte wichen von diesem Mittelwerte nicht mehr als 1,3% ab. In dieser Serie beobachtete der Verf. am Angströmschen Pyrheliometer, und gleichzeitig wurden für die notwendige Reduktion auf absolutes Maß die Ablesungen am Lamellen-Aktinometer von einem Gehülfen besorgt. Die Lamelle des hochempfindlichen Michelsonschen Aktinometers erreichte praktisch ihre Gleichgewichtslage bereits nach 3 bis 4 Sekunden nach Umschlagen des Aluminiumschirmes T; es wurde abwechselnd alle 20 Sekunden in beschattetem und un-

beobachtetem Zustande abgelesen und dann die Differenzen eines jeden Wertes vom Mittelwert der beiden benachbarten gebildet. Diese Differenzen sind unter *M* in vorstehender Tabelle angeführt, die uns einen Beleg von der hohen Leistungsfähigkeit des neuen Aktinometers gibt.

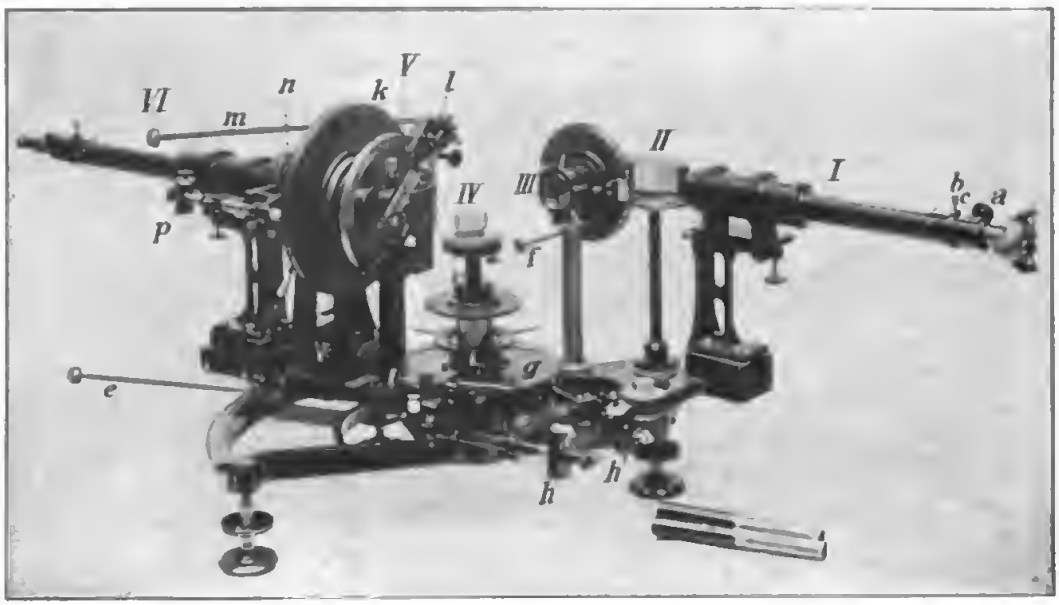
Bezüglich weiterer Einzelheiten wird auf die Originalarbeit von Michelson verwiesen; das beschriebene relative Aktinometer dürfte bald eine recht nützliche Rolle für die Messung der Sonnenstrahlung zu spielen berufen sein. *J. M.*

Spektralapparat für Polarisations- und Phasendifferenzmessungen.

Von O. Lummer und R. Kynast. *Ann. d. Physik* **22**. *S. 721. 1907.*

Der in untenstehender Figur abgebildete Apparat ist von Fr. Schmidt & Haensch in Berlin gebaut und dient bei spektral zerlegtem Lichte zur Messung von Phasendifferenzen sowie der Drehung der Polarisationsebene. Von den einzelnen Teilen des Instrumentes seien die folgenden erwähnt.

Das *Kollimatorrohr I.* Sein Objektiv von Steinheil hat 4 *cm* Durchmesser und 50 *cm* Brennweite. Gegen dieses ist der Spalt durch die Schraube *a* verschiebbar und mittels der



Vorrichtung *b* festklemmbar, wobei ein breites Stahlband durch die Schraube *c* an den Tubus angepreßt wird. Die Spaltbacken lassen sich meßbar und symmetrisch zueinander verschieben.

Das *Wadsworthsche Prisma II.* Es dient zur spektralen Zerlegung des Lichtes, ist auf einem besonderen Halter montiert und kann vom Platze des Beobachters aus durch das Gestänge *e* gedreht werden. Auf diese Weise läßt sich dieselbe Messung ohne Veränderung des Aufbaus bei feststehendem Fernrohr für monochromatisches Licht verschiedener Wellenlänge ausführen.

Der *Polarisator III.* Er ist ein gewöhnliches Nicolsches Prisma mit gut planparallelen Flächen, sodaß eine Drehung dieses um 180° keine merkliche Verschiebung des Spaltbildes hervorbringt. Die Drehung kann an einem Teilkreise vermöge zweier um 180° abstehenden Nonien bis auf Bogenminuten abgelesen werden.

Der *Prismentisch IV.* Fest verbunden mit dem mittels zweier Schrauben justierbaren Tischchen ist der Teilkreis *g* mit auf der Unterseite befindlicher Teilung, die durch zwei kleine Glühlampen erleuchtet wird und bis auf Bogensekunden ablesbar ist vermöge zweier um

180° abstehender Okularmikrometer $h\,h'$, in welche man von oben hineinsieht. Die Feinverstellung des Kreises kann mittels Gestänge vom Beobachtungsplatze aus geschehen.

Der *Soleil-Babinetsche Kompensator V.* Er ist auf einem besonderen Stativ montiert, welches aufgesetzt ist auf den beschränkt drehbaren Arm, der auch Analysator und Beobachtungsfernrohr trägt. Der Kompensator ist in der bekannten Weise für paralleles Strahlengang aus zwei Quarzkeilen und einer planparallelen Quarzplatte konstruiert und kann mittels einer kreisrunden Führung k unter jedem Winkel zur Horizontalebene festgeklemmt werden. Die Drehung der durch eine kleine Glühlampe beleuchteten Kompensator-Trommel l erfolgt durch Zahnradübertragung vom Beobachterplatze aus mittels des Gestänges m.

Der *Analysator n.* Hinter dem Kompensator befindet sich auf dem Fernrohrarm das Analysatorgestell n. Der Analysator ist ein Glanscher Nicol, dessen Teilkreis durch die Hülle o völlig nach außen abgeschlossen ist. Dieser wird ebenfalls durch kleine Glühlampen beleuchtet und ist mittels zweier Okularmikrometer p bis auf 3,6″ ablesbar.

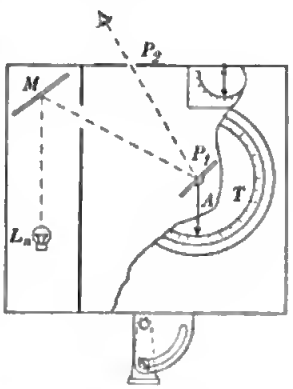
Das *Beobachtungsfernrohr VI.* Sein Objektiv ist von derselben Beschaffenheit wie das des Kollimators. Um die Auflösungskraft des Fernrohres bei fast gleichbleibender Länge zu steigern, kann durch Einschaltung einer Zerstreuungslinse das Objektiv in ein Teleobjektiv verwandelt werden, sodaß die Brennweite auf das Doppelte, also 100 *cm* steigt. Behufs Vornahme von Messungsreihen bei sehr kleinen Winkelabständen der Einzelbeobachtungen kann an Stelle des gewöhnlichen Okulars ein Okularmikrometer mit meßbar verschiebbarem Spalt auf das Fernrohr aufgesetzt werden, sodaß von dem Gesichtsfelde des Fernrohres nur der kleine vom Okularspalt freigelassene Teil sichtbar ist. Dabei muß natürlich das Fernrohr festgeklemmt werden. Einem Trommelteil des Mikrometers entspricht ohne vorgesetzte Zerstreuungslinse 1″, mit dieser ½″. Im letzteren Falle kann man den Okularspalt bis auf 10″ verengen, ohne die Genauigkeit der Einstellung wesentlich herabzumindern.

Mit diesem Instrument hat Kynast (*Ann. d. Physik* **22.** *S. 726. 1907*) die bei der Reflexion an isotropen, durchsichtigen Medien auftretenden Phasenverschiebungen des grünen Quecksilberlichtes 546,1 $\mu\mu$ gemessen. *Schck.*

Universalphotometer von Trotter.

Nach einem Prospekt.

Die Firma Everett, Edgcumbe & Co., Ltd., in London S.W. (87, Victoria Street, Westminster), stellt nach den Angaben von Trotter ein tragbares Photometer her, das in erster Linie zu Beleuchtungsmessungen bestimmt ist. Die durch eine 4 Volt-Batterie gespeiste, konstante Normallampe L_n (s. die Figur) beleuchtet mittels des Spiegels M den Schirm P_1; der mit drei Schlitzen versehene Schirm P_2 nimmt die zu messende Beleuchtung auf. Der Beobachter blickt durch diese Schlitze auf P_1 und dreht P_1 so lange, bis dieser Schirm und P_2 gleich hell erscheinen. Ein mit P_1 fest verbundener Zeiger A gibt auf einer nach dem Kosinus-Gesetz berechneten, von 0 bis 2 *candle-feet* gehenden Teilung T direkt die Beleuchtung auf P_2 an. Für den Vergleich verschiedenfarbiger Lichtquellen werden farbige Photometerschirme benutzt. Von der Verwertung des Flimmerprinzips wurde abgesehen, weil die zu messende Beleuchtung hierfür im allgemeinen zu schwach ist. Man kann natürlich auch Lichtstärken messen, indem man P_2 senkrecht zu den Strahlen der zu messenden Lichtquelle stellt, die Beleuchtung auf P_2 bestimmt und diese mit dem Quadrate des Abstandes zwischen Lichtquelle und P_2 multipliziert.



L_n, M und P_1 befinden sich im Innern, P_2 im Deckel eines innen geschwärzten Kastens. Dieser ist auf einem Stativ befestigt und läßt sich nach allen Seiten drehen. Der ganze Apparat mit Einschluß der Batterie und des Stativs wiegt etwas über 4 *kg*.

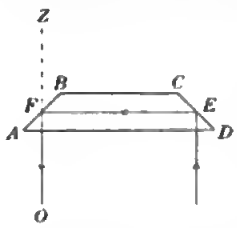
Die Methoden der Lichtschwächung und der Bestimmung der Teilung T sind also dieselben wie bei dem in *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 160. 1908* besprochenen Photometer. Über die Art des Schirmmaterials wird nichts angegeben; wahrscheinlich dürfte es Kartou sein. Diese Substanz befolgt in weit geringerem Maße als Gips das Kosinus-Gesetz. Wegen Berichtigung der Fehler in der Teilung T und wegen der Auwendbarkeit von farbigen Schirmen wird auf das zitierte Referat vorwiesen. Zu befürchten ist, daß sich die ursprünglich als gleich vorausgesetzten Reflexionsvermögen der Schirme P_1 und P_2 mit der Zeit verschieden stark ändern werden.

Das Photometer ist eine vereinfachte Form einer 1895 von Preece und Trotter angegebenen Anordnung, bei welcher dor P_1 entsprechende Schirm unter Benutzung eines Gelenkhebels gedreht wurde. *E. Lb.*

Prisma zur Markierung eines Hülfsziels.

Von J. Mignot. *Revue d'Artillerie* **70.** *S. 200. 1907.*

Der Zweck des Instrumentes ist folgender: man will über einen das Ziel verdeckenden Bergrücken schießen; ein auf dem Bergrücken befindlicher Beobachter soll sich selbst in die Richtnng des Zieles bringen, sodaß er als Hülfsziel benutzt werden kann.



Der Apparat besteht ans einem durch eine Metallfassnng geschützten Glasprisma, dessen Querschnitt durch die Figur veranschaulicht wird. Die Fläche AD des Prismas ist etwa einen Dezimeter lang, sodaß die Fläche CD rechts über den Kopf des Beobachters herausragt. wenn die Fläche AB vor das rechte Auge gebracht wird. Nehmen wir zunächst an, Auge, Geschütz (oder genauer Visier) lägen in der Ebene der Zeichnung, und das Auge O sähe — über das in einiger Entfernnng gehaltene Instrument binweg — das Ziel in der Richtung FZ und, im Prisma, durch doppelte Reflexion an CD und AB einen Ausschnitt ans dem hinter ihm befindlichen Gelände, so wird es dem Beobachter nicht schwer fallen, sich durch seitliche Bewegung so einzurichten, daß Ziel und Geschütz sich decken. Ist das erreicht, so liegen Auge, Ziel und Geschütz, von der seitlichen Verschiebung EF abgesehen, in einer Geraden.

Liegen Geschütz, Beobachter und Ziel nicht in einer Ebene, so genügt offenbar eine Drehnng des Prismas um EF, um die Deckung berbeizuführen. Ist EF bei der Drehung horizontal geblieben, so liegen die drei einzurichtenden Punkte in einer Vertikalebene, und der Beobachter kann ohne weiteres als Hülfsziel dienen. Nach dem Autor wird das Prisma „instinktiv" horizontal gehalten, wenn mau auf „natürliche vertikale" Objekte zielt. Das Instrument habe sich bei sechsmonatlichem Gebrauche gut bewährt. *P. Culmann.*

Messung induktiver Widerstände mit hochfrequenten Wechselströmen. Methode zur Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten.

Von E. Giebe. *Ann. d. Physik* **24.** *S. 941. 1907.*

Sind in einer Wheatstoneschen Brücke (Fig. 1) in Zweig 1 und 2 zwei Selbstindnktionen $L_1 L_2$ mit den Widerständen $w_1 w_2$ und in Zweig 3 und 4 zwei induktionslose Widerstände $w_3 w_4$ eingeschaltet, so ist bekanntlich bei Wechselstrom die Bedingnng dafür, daß die Brücke stromlos bleibt,

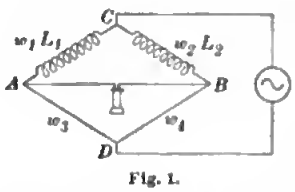


Fig. 1.

$$w_1 : w_2 = w_3 : w_4 = L_1 : L_2. \qquad 1)$$

Stellt man dies in einem Diagramm dar, so zerlegen wir (Fig. 2) AC, die Spannung an $w_1 L_1$, in die Komponenten AM und MC, von denen AM dem ohmischen (w_1), MC dem induktiven Spannungsabfall (ωL_1) entspricht; ebenso wird CB in CN (w_2) und NB (ωL_2) zerlegt, wo $\omega = 2\pi n$ und n die Frequenz bedoutet; $AM \parallel CN$ stellt der Richtung nach den Strom im Zweige ACB vor. Die Spannung an w_3 und w_4 wird durch AD und DB repräsen-

tiert, wo D auf der Geraden AB liegt. Die Gleichgewichtsbedingung erhält man, wenn C und D zusammenfallen. Nimmt man nun an, daß w_1 zu groß eingestellt ist, so kann C und D nicht mehr zusammenfallen. Immerhin wird, wenn D möglichst dicht an C herangerückt wird (Minimum im Telephon), $L_1 : L_2 = w_3 : w_4$ noch immer nahezu erfüllt bleiben; für $w_1 : w_2$ erhält man aber fehlerhafte Werte. Dieselbe Wirkung jedoch, die eine Vergrößerung von w_1 hat (Wandern des Punktes C nach rechts), hat auch das Einschalten einer geringen Selbstinduktion in w_4 (s. Fig. 3). Umgekehrt, ist w_4 nicht ganz induktionsfrei, so findet man $w_1 : w_2$ nach Gl. 1) nicht richtig. Man kann sich die Einstellung der Brücke, d. h. das Zusammenfallen der Punkte C und D, so entstanden denken, daß man CD in Fig. 2 erst in vertikaler Richtung dann in horizontaler Richtung gegen einander verschiebt. Erstere Einstellung ist im wesentlichen von $L_1 L_2 w_3 w_4$, letztere von $L_3 L_4 w_1 w_2$ abhängig, wo $L_3 L_4$ kleine in Zweig 3 und 4 enthaltene Selbstinduktionen bedeuten.

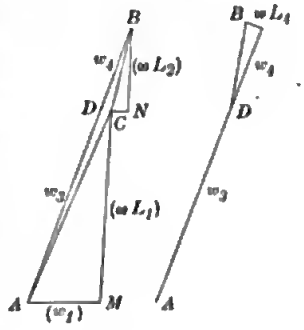


Fig. 2.

Fig. 3.

Man erkennt, daß, wenn w_3 und w_4 nicht ganz induktionsfrei sind, man für $w_1 : w_2$ ziemlich falsche Werte erhalten kann. Dies ist von Wichtigkeit, wenn man die von Dolezalek[1]) zuerst beobachtete Widerstandserhöhung von Spulen durch Skineffekt (Stromverdrängung) untersucht.

Die erste Gleichgewichtsbedingung wird durch die Selbstinduktionen in Zweig 3 und 4 verändert in

$$\frac{w_1}{w_2} - \frac{w_3}{w_4} = \frac{\omega^2 L_1}{w_2 w_4}\left(L_4 - \frac{l_2}{l_1} L_3\right), \qquad 2)$$

d. h. die Abweichung von Gl. 1) wächst mit dem Quadrat der Frequenz. Um den Einfluß des Korrektionsgliedes zu studieren, konstruierte Giebe eine Brücke (Fig. 4), bei welcher die Zweige 3 und 4 aus zwei langen, mit geringem Abstand parallel zueinander ausgespannten Manganin-Drähten gebildet werden; die Enden sind durch verschiebbare Klemmen K_3 und K_4 begrenzt, zwischen beiden liegt ein nur 2 *cm* langer, 0,36 *mm* dicker Schleifdraht aus Manganin, an dem nur die letzte Feineinstellung vorgenommen wurde. Die Selbstinduktion der Zweige 3 und 4 läßt sich nach einer bekannten Formel streng berechnen. L_1 und L_2 wird durch zwei Rollen vom Betrag 10^8 und 10^7 *cm* gebildet, die aus fein unterteiltem Azetat-Draht gewickelt sind, sodaß ein Skineffekt nicht zu erwarten ist. Zur Abgleichung wird in Zweig 1 ein regulierharer Zusatzwiderstand w_1' eingeschaltet, der ebenfalls aus zwei parallelen Manganin-Drähten besteht, sodaß seine Selbstinduktion leicht berücksichtigt werden kann. In Zweig 3 kann eine kleine Ballastselbstinduktion L_3' von bekannter Größe hinzugefügt werden; sie ist so bemessen, daß die Brücke geeignet ist, Messungen im Verhältnis 1 : 10 vorzunehmen. In $S_1 S_2$ wird der Strom zugeführt, an $T_1 T_2$ liegt das Telephon. Die Zweige bestanden aus folgenden Bestandteilen:

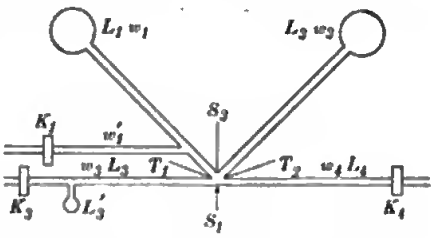


Fig. 4.

1. $w = 18{,}8$ Ohm (Rolle) + 9,5 Ohm (Bifilardraht)
   $L = 10^8$ *cm* (Rolle)
2. $w = 2{,}84$ Ohm (Rolle)
   $L = 10^7$ *cm*
3. $w = 390$ Ohm
   $L = 1720$ *cm* (Rolle) + 9870 *cm* (Ballast)
4. $w = 39$ Ohm
   $L = 1080$ *cm*

Eine Prüfung der Gl. 2) mit Frequenzen von 50 bis 3000 gab innerhalb weniger Promille eine Bestätigung der Formel.

Die Gl. 1) wird in der Regel benutzt, um das Verhältnis zweier großer Selbstinduktionen $L_1 : L_2$ durch zwei Widerstände $w_3 : w_4$ zu finden. Umgekehrt nimmt nun Giebe für L_1 und L_2

[1]) *Ann. d. Physik* **12**. *S. 1142. 1903.*

zwei bekannte Rollen (10^7 und 10^8 *cm*) und vergleicht unter Anwendung von Gl. 2) die in 3 und 4 eingeschalteten kleinen Selbstinduktionen im wesentlichen durch die Veränderung des Widerstandsverhältnisses $w_1 : w_2$. Die gewöhnliche Anwendung der Gl. 1) ist geeignet, zwei große Selbstinduktionen von kleinem Widerstande zu vergleichen, die Gl. 2) erlaubt, zwei kleine Selbstinduktionen von verhältnismäßig großem Widerstande miteinander zu vergleichen. Der Verf. wendet die Methode an, um die Selbstinduktionskoeffizienten der Widerstände eines Wolffschen Kastens zu messen. Er findet für

10 Ohm	1010 *cm*	1 Ohm	430 *cm*
20 „	2000 „	$10 \times 0{,}1$ „	1380 „.

E. O.

Bücherbesprechungen.

E. Baur, Knrzer Abriß der Spektroskopie und Kolorimetrie. Lex. 8°. VIII, 122 S. m. 29 Abbildgn. Leipzig. J. A. Barth 1907. 6 M.; geb. in Leinw. 7 M.

Das Werkchen bildet den 5. Band des von Prof. G. Bredig herausgegebenen „Handbuchs der angewandten physikalischen Chemie in Einzeldarstellungen"; es ist demgemäß mit Rücksicht auf diejenigen Seiten der Spektroskopie verfaßt, welche für den Chemiker von Bedeutung sind.

Von den neun Kapiteln (I. Der Spektralapparat. II. Das Gesetz von Kirchhoff und das Spektrum der Sonne. III. Die Strahlung fester Körper. IV. Die Strahlung der Gase. V. Über den Bau der Linienspektra. VI. Konstanz und Variabilität der Spektra. VII. Die Absorption des Lichtes. VIII. Spektrophotometrie und Kolorimetrie. IX. Spektralanalytische Daten der Elemente und einiger Verbindungen), haben das erste und die beiden letzten das größte Interesse für die Leser dieser Zeitschrift; es soll daher nur auf diese drei Kapitel etwas näher eingegangen werden.

Als einziger Spektralapparat wird derjenige von Kirchhoff und Bunsen mit einem Flintprisma und mit Wellenlängenskale ausführlich beschrieben; daraus geht hervor, daß andere Spektralapparate, z. B. Gitterspektroskope, zurzeit eine weit geringere Bedeutung für den Chemiker haben, als dieses seit einem halben Jahrhundert nur wenig veränderte Instrument. Die einzelnen Teile des Spektroskops werden sozusagen organisch aneinander gefügt. Es folgen Angaben von Wellenlängennormalen und praktische, wenn auch knappe, Winke über die Photographie der Spektren vom ultravioletten bis zum ultraroten Gebiete mit sehr zweckmäßig ausgewählten Literaturangaben. So ist das Kapitel geeignet, demjenigen einen Überblick über alle Arten von Spektralapparaten, bis zu Michelsons Stufengitter und Lummers Interferometer, zu geben, dem die angeführte Literatur zugänglich ist.

Die Behandlung der Spektrophotometrie beginnt mit den theoretischen Grundlagen der Messung der Absorption des Lichts (Lambert und Beer, Bunsen, Vierordt). Alsdann werden der Vierordtsche „Universalspektralapparat" von Krüß, das Glansche Polarisationsspektralphotometer und das Königsche, von Martens und Grünbaum vervollkommnete, von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin hergestellte Spektralphotometer ausführlich beschrieben; das letztere stellt nach dem Urteile des Verf. zurzeit das leistungsfähigste Spektralphotometer zur Untersuchung der Extinktion von Lösungen und farbigen Gläsern dar. Um die bei Verwendung weißen Lichts unvermeidlichen Fehler zu beseitigen, wird eine Auswahl von 30 leicht herstellbaren Spektrallinien nach dem Vorgange von Martens und Grünbaum empfohlen; aus den praktischen Winken dafür geht hervor, daß der Verf. selbst aus persönlicher Erfahrung schöpft.

Die Kolorimetrie wird auf reichlich 5 S. überraschend knapp erledigt.

Das Schluß-Kapitel bringt auf 22 S. eine enge Auswahl der spektral-*analytisch* oder aus einem besonderen Grunde vornehmlich interessierenden spektralen Eigenschaften der elementaren Stoffe und einiger ihrer Verbindungen, die dem Leser die Durcharbeitung des ungeheuer reichen Beobachtungsmaterials erspart oder doch wesentlich erleichtert.

Das Buch gehört in jedes chemische und physikalische Laboratorium. *Lö.*

Digitized by Google

F. Kohlrausch, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. 2., verm. Aufl. 6.—10. Taus. 8°. XVIII, 268 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1907. Geb. in Leinw. 4 M.

Der 10. Auflage des Lehrbuches der praktischen Physik, die 1905 erschien, ist nunmehr die zweite Auflage des kleinen Leitfadens gefolgt. Beide Werke besitzen im allgemeinen dieselbe Anordnung des Stoffes; nur ist im kleinen Leitfaden alles fortgelassen, was ein tieferes Eingehen auf spezielle Fragen erfordert. Nicht aufgenommen sind ferner alle Meßmethoden, deren Behandlung nicht mehr elementar genug erfolgen kann, oder zu deren Ausführung die im gewöhnlichen Praktikum verfügbaren Hülfsmittel nicht ausreichen. Der kleine Leitfaden verfolgt etwa dieselben Ziele wie die ersten Auflagen des Lehrbuches der Physik, das inzwischen zu einem Handbuch umgestaltet worden ist. Kurz, der Leitfaden ist für den Gebrauch im kleinen Praktikum bestimmt und soll dem Anfänger nützlich sein, der zwar praktisch physikalisch arbeiten, aber nicht tiefer in das Studium der Physik eindringen will. Deshalb sind auch alle mathematischen Entwicklungen möglichst eingeschränkt und mehr Raum als im großen Lehrbuch auf den Text verwendet, der sich auf die Ausführung der Versuche bezieht. In dieser Hinsicht ist die neue Auflage gegenüber der ersten noch vervollkommnet und erweitert worden. Ferner hat sie auch noch durch eine Anzahl neu hinzugekommener Aufgaben und Figuren eine Verstärkung erfahren. Bei der Auswahl der 31 dem Buch angehängten Tabellen sind neben rein physikalischen Gesichtspunkten besonders die Interessen des Chemikers berücksichtigt worden. *Hng.*

Neue Preisliste von A. Pessler & Sohn in Freiberg i. Sachsen.

Preisliste I über Libellen und Libellenprüfer. gr. 8°. 14 S. m. Abbildgn. 1907.

Die vorliegende Preisliste bezieht sich ausschließlich auf Libellen. Es ist ja allgemein bekannt, daß in Deutschland neben Reichel-Berlin eben Pessler die besten Libellen liefert; seit 25 Jahren hat die Firma der Anfertigung feiner Libellen ihre besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und mehr als 210000 geschliffene Libellen sind bisher von ihr versandt worden. Die feinen Libellen sind alle aus bestem dickwandigem Jenaer Glas gefertigt und mit chemisch reinem Schwefeläther gefüllt. Die Teilung wird selbstverständlich in jedem gewünschten Maß ausgeführt, Millimeter, Pariser oder Englische Linien. Für feine Libellen ist jetzt in Deutschland ziemlich allgemein die 2 *mm*-Teilung üblich geworden; für manche Zwecke ist eine etwas weitere Teilung besser, und man könnte wohl häufiger, als es geschieht, sich mit der $2^1/_2$ *mm*-Teilung begnügen. Der Grund, warum immer noch auch die Pariser Linien-Teilung genommen wird (rund $2^1/_4$ *mm*), ist hauptsächlich der, daß die 2 *mm*-Teilung als zu „eng" empfunden wird. Nebenbei möchte ich hier folgenden Wunsch aussprechen. Wo die Empfindlichkeit (der Teilwert) einer Libelle im Lauf der Messung oder Rechnung wirklich rechnerisch gebraucht wird, genügt in der Tat stets die Kenntnis der Zahl von Sekunden, die „einem Strich der Teilung" entspricht, und es ist an sich gleichgültig, ob diese Striche 2 oder 2,26 oder 2,5 *mm* voneinander entfernt sind. Zum Vergleich verschiedener Libellen unter einander, ferner besonders auch für gröbere Libellen (Dosenlibellen oder grobe Röhrenlibellen) wäre es aber doch oft willkommen, auch gleich den Ausschleifungshalbmesser zu kennen; es wäre ja eine sehr kleine Mühe, z. B. neben $\alpha = 5{,}3''$ noch zu setzen $R = 77{,}8$ *m*, welcher Wert zutrifft, wenn eine 2 *mm*-Teilung vorhanden ist u. s. w. Besonders bei einer Dosenlibelle, deren Teilwert als solchen man nie braucht, ist es für die Verwendung der Libelle von Wert, zu wissen, ob der Kugelhalbmesser der Schleifung 3 *m* oder 6 *m* u. s. f. ist. Und noch einen zweiten Wunsch möchte ich für *feine* Libellen beifügen: es ist der, es möge der Empfindlichkeitszahl, die auf das Glas der Libelle geschrieben zu werden pflegt — sie wird oft mit ganz überflüssiger „Schärfe" angegeben, z. B. bei einem mir vorliegenden Feinnivellier auf 0,001"; von anderem abgesehen, sollte die Abhängigkeit des Teilwerts von der Temperatur und vielleicht auch dem Barometerstand, die bei einzelnen Libellen in beträchtlichem Maß und wohl bei den meisten in kleinem Betrag vorhanden ist, davon abhalten — auch das Datum der Bestimmung beigesetzt werden. Die bei der Bestimmung vorhandene Temperatur ebenfalls noch beizufügen, könnte nur für feine Libellen

mit durchlaufender Teilung in Betracht kommen oder auch für feine Kammerlibellen mit unterbrochener Teilung.

Die feinsten Libellen des vorliegenden Katalogs (Abteilung A) sind „Talcott"-Libellen mit 1″ bis 1,6″ pro P. L. Empfindlichkeit, die bekanntlich nur paarweise gebraucht werden; Pessler übernimmt die Gewähr dafür, daß die Teilwerte der zwei Individuen eines Paars um nicht mehr als 0,2″ voneinander abweichen. In Abt. B folgen Libellen mit Luftkammern und 1″ bis 15″ Teilwert (für 1 P. L.), in Abt. C Wendelibellen 4″ bis 60″, in Abt. D einfache Ätherlibellen. Die Libellen der Abt. E, „für militärische Zwecke", mit geringer Empfindlichkeit, 60″ oder 120″, müssen hohe Temperaturen aushalten, also besonders starkes Glas haben, und in diesen Temperaturen noch brauchbar bleiben, weshalb sie nicht mit reinem Äther, sondern einer Äthermischung gefüllt sind. Die Abt. F umfaßt gröbere, geschliffene, Abt. G grobe, gebogene (nicht geschliffene) Libellen aus dünnwandigem Glasrohr mit Alkoholfüllung für grobe Gerätschaften. Die folgenden Nummern des Katalogs beziehen sich auf Dosenlibellen und ihre Deckgläser, Kreuzlibellen, Libellenschutzgläser sowie zwei Arten von Libellenprüfern. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

J. Scheiner, Populäre Astrophysik. gr. 8°. VI, 718 S. m. 210 Fig. u. 30 Taf. Leipzig, B. G. Teubner 1908. Geb. in Leinw. 12 M.

B. Weinstein, Thermodynamik u. Kinetik der Körper. III. Bd. 2. Halbbd. Thermodynamik der Elektrizität u. des Magnetismus (2. Tl.). — Elektrochemie. gr. 8°. XX u. S. 465 bis 1186. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1908. 24 M.

R. Neuhauss, Lehrbuch der Projektion. 2., umgearb. Aufl. Lex. 8°. VIII, 141 S. m. 71 Abbildgn. Halle, W. Knapp 1908. 4 M.

N. F. Mackenzie, *Methods of Surveying.* 8°. 154 S. m. Fig. London 1908. Geb. in Leinw. 5,20 M.

E. T. Whittaker, *Theory of Optical Instruments.* 8°. 80 S. m. Fig. Cambridge 1907. Geb. in Leinw. 2,70 M.

Th. Tapia, Grundzüge der niederen Geodäsie. II. Instrumentenkunde. gr. 8°. VIII, 279 S. m. 25 lith. Taf. Wien, F. Deuticke 1908. 9 M.

A. P. W. Williamson, *Magnetism, Deviation of the Compass and Compass Adjustment for practical Use and B.O.T. Examinations.* 8°. 108 S. London 1907. Geb. in Leinw. 3,80 M.

Kalender für das Vermessungswesen in Bayern. Hrsg. v. K. Dittmar. 8°. 105 S. m. Schreibkalender. München, C. A. Seyfried & Co. 1908. Geb. in Leinw. 3,50 M.

W. C. P. Muir, *Treatise on Navigation and Nautical Astronomy.* 8°. 731 S. m. Fig. Annapolis, Md., 1906. 25 M.

T. L. Ainsley, *Magnetism and the Deviation of the Compass in Iron Ships.* Neue Ausgabe. 8°. 166 S. m. Fig. London 1908. Geb. in Leinw. 3,70 M.

P. Duhem, Ziel und Struktur der physikalischen Theorien. Übers. v. Dr. Fr. Adler. Mit e. Vorwort von E. Mach. gr. 8°. XII, 367 S. Leipzig, J. A. Barth 1908. 8 M.; geb. in Leinw. 9 M.

R. C. Maclaurin, *Theory of Light. Treatise on Physical Optics. Part I.* 8°. 354 S. m. Fig. Cambridge 1908. Geb. in Leinw. 9,30 M.

L. Boltzmann, Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektrizität u. des Lichtes. 2 Teile. 2., unveränd. Abdr. (Anastat. Neudr.) gr. 8°. Leipzig, J. A. Barth 1908. Je 5 M.; geb. in Leinw. je 6 M.

1. Ableitung der Grundgleichungen f. ruhende, homogene, isotrope Körper. XII, 139 S. m. Fig. im Text u. auf 2 Taf. [1891]. — 2. Verhältnis zur Fernwirkungstheorie, spezielle Fälle der Elektrostatik, stationäre Strömung u. Induktion. VIII, 166 S. m. Fig. im Text. u. auf 2 Taf. [1893].

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss.**

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Juli 1908.** Siebentes Heft.

Die Justierung des Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers.

Von

Fr. E. Wright.

Für wissenschaftliche Forschung bestimmte Instrumente werden vielfach seitens der Verfertiger absichtlich so konstruiert, daß die Justierung ein für allemal in der Werkstatt erfolgt; die Justierschrauben werden an schwer zugänglichen Stellen angebracht oder gar mit einem Siegel bedeckt, um jede Justierung oder Kontrolle des Instruments seitens des Benutzers unmöglich zu machen. Wenn diese Methode auch für manche Arten von Instrumenten, z. B. elektrische Widerstände, sehr zweckmäßig ist, so ist sie bei anderen Instrumenten-Klassen, namentlich bei solchen, wo es sich um Drehungen von Instrumententeilen um eine Achse handelt, nach Ansicht des Verf. prinzipiell unrichtig und führt zu Täuschungen über die erreichte Genauigkeit: denn sie zwingt den Beobachter zu der Annahme, daß die ursprüngliche Justierung richtig war, und daß sie sich weder durch den Transport noch durch das allmähliche Verschwinden von mechanischen Spannungen zwischen den einzelnen Instrumententeilen geändert hat.

Den besonderen Anlaß zu diesen Bemerkungen bietet dem Verf. das Abbe-Pulfrichsche Kristallrefraktometer (Nr. 27 des Katalogs über Spektrometer und Refraktometer von C. Zeiß), ein in jeder Beziehung mustergültiges Instrument, abgesehen von den Justiereinrichtungen. Es gilt als selbstverständlich, daß bei Instrumenten dieser Art: Refraktometern, Goniometern, ferner bei Theodoliten, bei astronomischen Instrumenten u. s. w. der Beobachter imstande sein muß, nicht nur sein Instrument ohne Mühe justieren, sondern auch die Genauigkeit der Justierung leicht prüfen zu können. Ferner sollte bei einem jeden Instrument dieser Art ein systematischer Gang für die Justierung eingehalten und es sollten ganz eingehende, Schritt für Schritt zu befolgende Justiervorschriften dem Instrument beigegeben werden (wie dies z. B. in jedem Katalog für geodätische Instrumente der Fall ist). Bei der Konstruktion müßten diese Gesichtspunkte maßgebend sein.

Bei dem Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometer sind alle Justierschrauben soviel als möglich weggelassen worden; der Beobachter soll nur die Glashalbkugel justieren können. Indessen läßt sich auch bei der jetzigen Konstruktion das Instrument justieren, doch nur in langwierigen und mühevollen Operationen, während durch Hinzufügen von einigen Schrauben am richtigen Ort die Justierung in vielleicht einem Fünftel der Zeit und mit größerer Sicherheit ausgeführt werden könnte. Es ist der Zweck der vorliegenden Mitteilung, ein Verfahren zu beschreiben, das der Verf. bei der Justierung des Abbeschen Refraktometers in seiner jetzigen Form als zweckmäßig erprobt hat, und es soll kurz darauf hingewiesen werden, an welchen

Stellen Justier-Einrichtungen angebracht werden sollten. Andere Refraktometer dieser Art von R. Fueß in Steglitz und von der *Société Genevoise pour la construction des instruments de physique et de mécanique* in Genf leiden ebenfalls an dem erwähnten Mangel; die im folgenden gegebenen Justiervorschriften finden auf sie in gleicher Weise Anwendung.

Der Vertikalschnitt (Fig. 1) läßt die Konstruktion des Kristallrefraktometers in großen Zügen erkennen. Das *justierte* Instrument muß die folgenden Grundbedingungen erfüllen: die beiden Drehungsachsen des Horizontal- und des Vertikalkreises *H* und *V* müssen sich unter einem rechten Winkel schneiden; die Planfläche der Halbkugel muß rechtwinkelig auf der Drehungsachse von *H* stehen und ebenfalls durch die Drehungsachse von *V* hindurchgehen, wobei der Mittelpunkt der Halbkugel mit dem Schnittpunkt der beiden Drehungsachsen genau zusammenfallen muß. Das Fernrohr muß auf Unendlich eingestellt sein, und seine Visierlinie, die durch das Fadenkreuz bezeichnet wird, muß auf den Mittelpunkt der Halbkugel zeigen. Da jede mechanische Konstruktion und Justierung nicht absolut vollkommen ist, vielmehr mit der Zeit sich ändern kann, so ist es nötig, daß der Beobachter, um diese Grundbedingung leicht zu erfüllen, folgendes tun kann: 1. er muß die Drehungsachse von *V* in engen Grenzen kippen; 2. diese Achse parallel mit sich verschieben („zentrieren"); 3. die optische Achse des Fernrohrs auf den Schnittpunkt der Achsen von *V* und *H* richten können, eine Bedingung, die die Justierung und die Drehbarkeit des Fernrohrs um seine eigene Achse einschließt; 4. mittels der verschiedenen Justierschrauben muß man die Glashalbkugel justieren und zentrieren können.

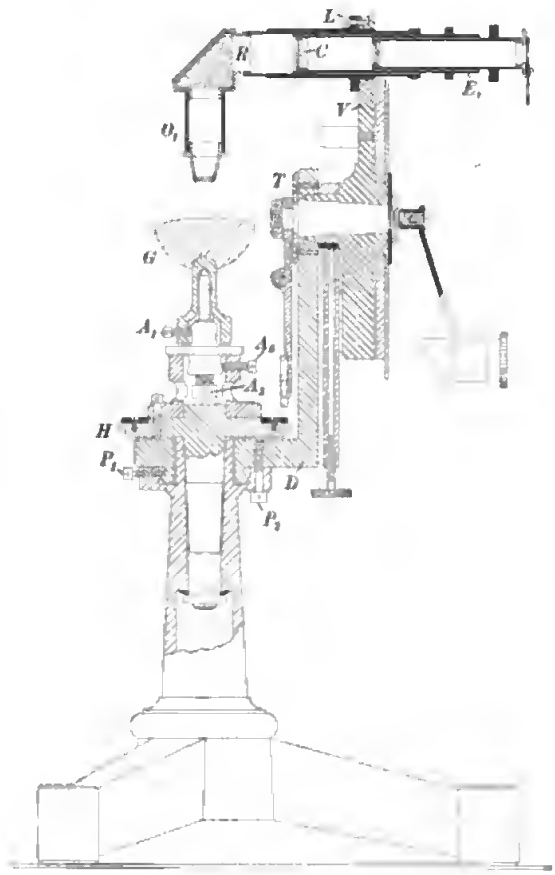


Fig. 1.

Die *Bedingung 1* kann an dem Instrument in seiner jetzigen Gestalt erfüllt werden, entweder indem man die Schrauben *T* in Fig. 1 verschieden stark anzieht, besonders, wenn ein dünnes Stück Papier unter die Platte, und zwar unter eine von diesen Schrauben *T*, geschoben wird, und die Schrauben *T* genügend angezogen werden, um die richtige Neigung (des Fernrohrs) hervorzubringen; oder mittels der Schrauben P_2 und mit Hülfe eines Stückes dünnen Papiers, das man zwischen die beiden Platten schiebt, die diese Schrauben halten. Aber solche Hülfsmittel sind nicht befriedigend; es sollte an dem Instrument eine Vorrichtung angebracht werden, um den Vertikalkreis in gleicher Weise zu halten und zu kippen, wie es jetzt schon mit der Halbkugel geschieht; oder noch besser, der senkrechte Arm *D* selbst sollte

justierbar sein, wie in Fig. 2 skizziert ist; diese Methode der Justierung hat Prof. Goldschmidt für sein Goniometer angenommen. (Das zweikreisige Goniometer [Modell 1896] und seine Anwendung, *Zeitschr. f. Kristallogr. u. Miner. 29. S. 335. 1898. Fig. 4 u. Fig. 2, Taf. VII*; vgl. auch *diese Zeitschr. 19. S. 188. 1899.*)

Bedingung 2 kann durch Verschieben und Zentrieren der Achsen mittels der Schrauben P_1 leicht erfüllt werden.

Bedingung 3. Bei der Justierung des Fernrohrs spielen die Schrauben L (Fig. 1) eine sehr wichtige Rolle; sie gestatten nicht nur eine Beweglichkeit des Fernrohrs, sodaß es um eine Achse gedreht werden kann, sondern man kann auch durch das verschiedene Anziehen der Schrauben das Fernrohr sehr beträchtlich kippen. Dieser Mangel kann beseitigt werden, wenn man die Dicke des Trägers vergrößert, in den das Fernrohr eingeschoben ist, sodaß man eine größere Lagerfläche für das Fernrohr erhält. Anstatt wegen der geringen auftretenden Dejustierungen das Fernrohr zu kippen oder das Reflexionsprisma R zu versetzen, würde es wahrscheinlich besser sein, das Fadenkreuz mit Zentrierschrauben verstellbar zu machen. Jedenfalls sind augenblicklich die Vorrichtungen zum Justieren des Fernrohrs sehr unbefriedigend und erfordern wiederholte und langwierige Versuche, bevor die gewünschte Stellung genau fixiert werden kann.

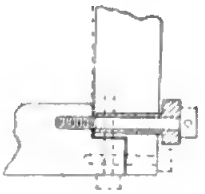


Fig. 2

Die durch *Bedingung 4* gestellte Aufgabe erfüllen die Justierschrauben A_1, A_2 und A_3, und zwar ziemlich gut. Beim Prüfen und beim Justieren des Kristallrefraktometers habe ich die Autokollimationsmethode bequem gefunden; das Licht einer elektrischen Bogenlampe wurde durch eine unter 45° vor dem Okular angebrachte Spiegelglasplatte in das Fernrohr geworfen. Ferner habe ich bei dem im folgenden beschriebenen Gange der Justierung zwei andere einfache Hülfseinrichtungen benutzt, nämlich eine runde Planparallelplatte in Messingfassung (Fig. 3), die sich auf die spitz zulaufende, die Halbkugel tragende Stahlachse aufpassen läßt,

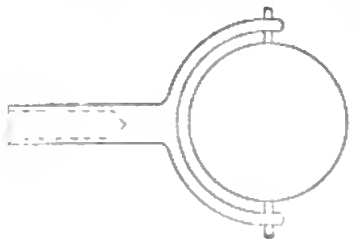


Fig. 3.

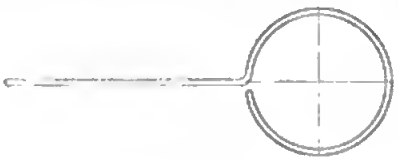


Fig. 4.

und einen Halter aus Kupferdraht für das Fadenkreuz (Fig. 4), ähnlich wie dies V. Goldschmidt für die Justierung seines zweikreisigen Goniometers empfiehlt[1]).

1. Justierung des Fernrohrs zur Achse des Vertikalkreises. Man nehme das Objektiv O_1 (das große Objektiv) mit Zusatzlinse und das zugehörige Okular E_1, entferne die Glashalbkugel G vom Refraktometer durch Lösen der Schrauben A_1 und bringe an deren Stelle die oben erwähnte Planparallelplatte, die in einen Messingring gefaßt und um eine horizontale Achse in Zapfen drehbar ist (vgl. Fig. 3). Man richte dann den Spiegel senkrecht und rechtwinkelig zur optischen Achse des Objektivs und führe Autokollimation hierbei mit Hülfe eines Objektträgers, der, unter 45° gegen die Achse des Fernrohrs geneigt, hinter der Rotationsblende montiert ist; als Lichtquelle dient

[1]) *a. a. O.*

eine elektrische Goniometer-Bogenlampe (die Helligkeit des gespiegelten Lichts kann erheblich gesteigert werden, wenn man die kleine Schutzglasplatte entfernt, die vor dem Fadenkreuze C des Okulars angebracht ist). Die Planparallelplatte wird nun ausgerichtet, bis das Fadenkreuz mit seinem Spiegelbilde zusammenfällt. Nun schlage man das Fernrohr um 180° herum und beobachte das Bild des Fadenkreuzes von neuem. Fallen Bild und Objekt nicht zusammen, so beseitige man die Hälfte des Fehlers mit dem Spiegel und die andere Hälfte durch eine Neigung des Fernrohrs mit Hülfe der drei Schrauben L und des eingeschobenen Papierstreifens; so wird fortgefahren, bis die Fernrohrachse justiert, d. h. bis deren Visierlinie senkrecht zur Drehungachse V ist; (diese Art der Justierung verdient nach meiner Meinung den Vorzug vor der Methode, entweder das Reflexionsprisma R zu neigen oder die einzelnen Fäden des Fadenkreuzes gegen einander zu verstellen; es wäre jedoch ein leichtes, Justierschrauben am Reflexionsprisma anzubringen, dann wäre die obige *schwierige* Justierung vermieden).

2. Justierung der Achse des Vertikalkreises senkrecht zu derjenigen des Horizontalkreises. Man justiere die Achse von V senkrecht zu derjenigen von H mit Hülfe von Autokollimation, stelle die Planparallelplatte wagrecht und das Fernrohr senkrecht und beobachte das Bild des Fadenkreuzes mit Autokollimation. Die Planparallelplatte wird nun justiert, bis beim Drehen des Horizontalkreises das Bild still stehen bleibt. Wenn das Fadenkreuz nicht mit seinem Bilde zusammenfällt, so bringe man beide zur Deckung entweder mit Hülfe der Schrauben T und eines Streifens von dünnem Papier, der unter die Unterseite der mittels der Schrauben T zu befestigenden Platte eingeschoben wird, oder mit Hülfe der Schrauben P_2 und eines Stückes dünnen Papiers, das man unter die mittels P_2 zu befestigende Platte einschiebt.

3. Damit die Achsen von H und V sich durchdringen, nehme man das Objektiv O_2 und das auf einem ringförmigen Kupferdraht montierte Fadenkreuz (Fig. 4) und schiebe dieses auf die Stahlachse der (abgenommenen) Halbkugel; man zentriere das Fadenkreuz zur Drehungsachse von H. Wenn die Achsen von H und V sich durchdringen, so wird der Schnittpunkt des Fadenkreuzes bei einer Drehung des Fernrohrs um H stehen bleiben; ist dies nicht der Fall, so zentriert man V mit Hülfe der Schrauben P_1. Bei dieser letzten Justierung kann die bisherige Justierung, nämlich die Senkrechtstellung von V zu H, gestört worden sein, und sie muß sorgfältig nachgeprüft werden. Diese Nachprüfung ist eine der mühsamsten Operationen im Verlaufe der Justierung des Refraktometers; dies kann aber leicht vermieden werden, wenn man die Schrauben trennt, die die beiden Justierungen bewirken, oder wenn man zu den Justierungsschrauben an dem unteren Ende des senkrechten Armes D übergeht (Fig. 2), eine Methode, die, wie oben erwähnt, von Goldschmidt bei der Justierung des Vertikalkreises seines zweikreisigen Goniometers mit Erfolg angewendet worden ist.

4. Justierung der Glashalbkugel. Wenn man so erreicht hat, daß die Fernrohrachse und die Drehungsachse der beiden Kreise sich in einem einzigen Punkte durchdringen und senkrecht schneiden, so ist die Halbkugel G wieder auf das Instrument aufzusetzen und mit Hülfe der Schrauben A_1, A_2 und A_3 zu justieren; dies kann erreicht werden entweder durch Autokollimation oder, indem man ein entferntes Objekt sich in der Planfläche der Halbkugel spiegeln läßt. Man nehme das Objektiv O_1 mit der Zusatzlinse und kippe die Halbkugel mittels der Schrauben A_1, bis das reflektierte Bild (oder bei Autokollimation das reflektierte Fadenkreuz) still steht. Man prüfe die Zentrierung mit einem Fühlhebel und zentriere mittels der Schrauben A_2. Ob der

Mitteipnnkt der Halbkngel in dem Schnlttpnnkt der Achsen von H und V llegt, wird angenähert dadurch geprüft, daß man zusieht, ob der Abstand zwischen der Kngelfläche und der ihr zugewandten Fläche des Objektivs (O_1 oder O_2) überall gleich ist. Wenn diese Probe stimmt, so beobachte man mit Natriumiicht die Grenzllnie der Totalreflexlon an Luft. Dor Grenzwinkel muß beiderselts 31° 37,6′ betragen (n_D der Haibkngel gieich 1,9070), andernfalls mnß, wenu die Winkel zwar gieich, aber kleiner oder größer als dieser Wert sind, die Halbkngel mit Hülfe der Schraube A_3 gehoben oder gesenkt werden, so iange, bis der richtige Wert 31° 37,6′ beiderselts erhaiten wird.

Leider ist der Mechanismus zum Justieren nnd Zentrioren der Halbkngel so konstruiert, daß, so oft man die Schraube A_3 berührt, die frühere Justierung mittels der Schrauben A_1 gestört wird, sodaß msn mit dem Justieren und Zentrieren von nenem beginnen mnß, ein iangweiiiges, zeltranbendes Verfahren, das man dnrch oine nnr wenig andere Anordnung der Schrauben vermeiden könntc.

In der oben dargelegten Jnstiervorschrift ist der Versnch gemacht worden, jede einzelne Operation so auszuführen, daß sie in sich vollständig ist und die vorangegangenen Jnstierungen nicht stört. Dieser Versuch ist jedoch durch den Mangel an geeigneten Justierschrauben nnd durch unpraktischo Anordnnng vorhandener Schrauben nicht ganz geglückt, und es bleibt dem Beobachter nichts übrig ais „probieren und nochmais probieren", bis die richtige Lage in jedem Falle erreicht ist. Ich giaube jedoch, daß bei der Justierung seines Instrumentes, wenngieich sie iangwierig ist, der Beobachter dessen Leistnngstähigkeit am besten kennen iernt nnd in den Stand gesetzt wird, mit Bestimmtheit den Grad von Genanigkeit anzugeben, der den mit dem Instrument erhaitenen Ergebnissen znkommt.

Bisher ist stiiischweigend angenommen worden, daß die Halbkugel selbst optisch genau ist, daß das optische System beim Auswechsein der Objektive zentriert bieibt, und daß die Kreisteiiung fehlerfrei ist. Dies kann man nach den üblichen Methoden prüfen; da dies jedoch seibständige Faktoren sind, die unabhängig voneinander sind, so habe ich es für unnötig gehaltcn, sie in diesem Anfsatze zn behandein. Die Wirknngen der Justierungsfehler des Refraktometers sind bereits ausführlich behandelt worden, besonders von Czapski[1]), Pulfrich[2]), Fenßner[3]) nnd Vioia[4]), nnd brauchen hier nicht wiederholt zu werden. In diesen Arbeiten, insbesondere in der Puifrichschen, sind die Einzeiheiten der Konstruktion des jetzigen Refraktometers zu finden, zusammen mit einigen Angaben über die Jnstierung.

In diesen Arbeiten wird jedoch angenommen, daß die Haibkugei der einzige Teil ist, der sich dejnstieren kann, während die übrigen Teile immer vollkommen jnstiert sind nnd bleiben, eine Annahme, die sich bei wissenschaftlichen Untersnchungen nicht rechtfertigen iäßt.

Bei der Konstrnktion und der Herstellung von Instrumenten ist, wie auch auf anderen Gebieten, der Zweck, dem das Instrnment dienen soli, ein außerordentiich wichtiger Faktor, nnd es ist znversichtlich zn hoffen, daß die gegenwärtige Praxis gewisser moderner Fabrikanten von Instrumenten sich recht bald erheblich in der Hinsicht ändern wird, daß man die ansschiaggebende Bedeutnng leichter und einfacher

[1]) *Diese Zeitschr.* **10.** *S. 246. 1890; Neues Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. Beil.* **7.** *S. 175. 1890; 1892. S. 209.*

[2]) „Das Totalreflektometer u. s. w.", Leipzig 1890; vgl. auch *diese Zeitschr.* **19.** *S. 4. 1899.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **14.** *S. 87. 1894.*

[4]) *Zeitschr. f. Kristallogr. u. Miner.* **30.** *S. 417. 1898.*

Justiervorrichtungen bei der hier in Betracht kommenden Klasse von Instrumenten erkennt; diese Vorrichtungen lassen sich in das Instrument praktisch ohne Mehrkosten einfügen, und sie sind für den Forscher vom größten Werte, für den doch das Instrument in erster Linie fabriziert wird.

Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington. Washington, D. C., im Mai 1908.

Ein empfindliches Drehspulengalvanometer von kleinem Widerstand der Firma Siemens & Halske.

Von

W. Jaeger.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Für viele Messungen auf elektrischem Gebiet ist die Anwendung von Galvanometern erwünscht, welche für einen Schließungskreis von relativ *kleinem Widerstand* (etwa 10 bis 50 Ohm) berechnet sind. Dies ist dann der Fall, wenn eine möglichst große Empfindlichkeit der Meßanordnung angestrebt werden soll, während gleichzeitig der bei der Messung gegebene Widerstand (z. B. derjenige eines Thermoelements, eines Platinthermometers u. s. w.) klein ist. Aus dem gleichen Grund sind auch neuerdings von mehreren Seiten Kompensationsapparate[1]) von kleinem Widerstand angegeben worden, deren Vorteile aber erst dann genügend ausgenutzt werden können, wenn sie mit einem Galvanometer kleinen Widerstandes benutzt werden. Bei Drehspulengalvanometern besteht nun eine gewisse Schwierigkeit, ausreichend empfindliche Instrumente für kleinen Widerstand herzustellen. Über ein derartiges Instrument der Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin, das auf Anregung der Reichsanstalt ausgeführt worden ist, soll im folgenden berichtet werden. Der Grund für die Verwendung eines Schließungskreises von möglichst kleinem Widerstand liegt darin, daß die Spannungsempfindlichkeit des Galvanometers von günstigstem Widerstand dadurch größer wird. Bei dem Drehspulengalvanometer gilt dabei eine andere Betrachtungsweise als bei dem Nadelgalvanometer. Während für das letztere die größte Empfindlichkeit der Meßanordnung dann erreicht wird, wenn der Spulen-Widerstand des Galvanometers gleich demjenigen des äußeren Schließungskreises ist, soll das Drehspulengalvanometer so angewendet werden, daß es für den in Frage kommenden Widerstand des äußeren Schließungskreises gerade aperiodisch wird. Dabei ist es am günstigsten, wenn der Klemmenwiderstand des Galvanometers selbst möglichst klein gegen den äußeren Widerstand ist[2]).

Für beide Galvanometerarten wächst dann die Spannungsempfindlichkeit (d. h. der einer bestimmten Spannung im Schließungskreis entsprechende Galvanometerausschlag) proportional mit $1 : \sqrt{w}$, wenn w den Widerstand des äußeren Schließungskreises bedeutet. Es ist daher vorteilhaft, w möglichst klein zu machen. Dieser

[1]) Vgl. z. B. H. Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **28.** *S. 1. 1908.* Dieser Kompensationsapparat besitzt auch, in gleicher Weise wie bereits früher von Brooks und White angegebene Apparate, die zweckmäßige Einrichtung, daß der in den Schließungskreis des Galvanometers eingeschaltete Widerstand konstant ist, sodaß die Empfindlichkeit des Galvanometers ungeändert bleibt.

[2]) Vgl. die früheren Mitteilungen über das Drehspulengalvanometer, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 261 u. 353. 1903* und *Ann. d. Physik* **21.** *S. 64. 1906* sowie die Abhandlung von White (*Phys. Rev.* **19.** *S. 305. 1904*) über denselben Gegenstand.

Widerstand w spielt also für das Drehspulengalvanometer dieselbe Rolle wie der Spulenwiderstand des Nadelgalvanometers und soll deshalb im folgenden der Kürze halber auch beim Drehspulengalvanometer als Galvanometerwiderstand schlechthin bezeichnet werden; zu unterscheiden davon ist der Klemmenwiderstand des Drehspulengalvanometers. Für die Größe von w ist allein maßgebend die Größe des *für die Messung gegebenen* Widerstandes und die gewählte Meßmethode. Denn die übrigen im Schließungskreis vorhandenen Widerstände, einschließlich desjenigen des Galvanometers, müssen zur Erreichung einer möglichst empfindlichen Meßanordnung dem gegebenen Widerstand angepaßt werden. Handelt es sich beispielsweise um die Messung der elektromotorischen Kraft eines Thermoelements, dessen Widerstand 10 Ohm beträgt, mittels eines Kompensationsapparats von 10 Ohm Widerstand, so wird ein Drehspulengalvanometer von 20 Ohm Widerstand erforderlich. Wird andererseits ein Platinthermometer von 10 Ohm Widerstand in der Wheatstoneschen Brücke gemessen, so beträgt der günstigste Galvanometerwiderstand, je nach der Schaltungsweise, gleichfalls 10 Ohm bezw. 5 oder 20 Ohm[1]). Bei Anwendung der Thomsonschen Brücke wird der Galvanometerwiderstand wegen der Überbrückungswiderstände im allgemeinen etwas größer gewählt werden müssen und kann vielleicht einen Betrag von 50 Ohm erreichen, während bei differentialer Schaltung, die allerdings zurzeit für Drehspulengalvanometer noch nicht in Betracht kommt, der günstigste Galvanometerwiderstand 10 Ohm beträgt. In allen diesen Fällen wird also ein etwa zwischen 5 und 50 Ohm liegender Galvanometerwiderstand erfordert.

Unter den von der Firma Siemens & Halske bisher angefertigten Drehspulengalvanometern befindet sich zwar eines, dessen Widerstand etwa dieser Bedingung entspricht, da für einen äußeren Widerstand von nahe $w = 40$ Ohm der aperiodische Grenzzustand erreicht wird. Indessen ist dies Galvanometer infolge der großen Direktionskraft des Anhängedrahtes unempfindlicher, als es durch die Konstruktion des betreffenden Typus an sich bedingt ist. Das Bestreben ging daher dahin, eines der anderen von der Firma ausgegebenen Typen für kleinen Widerstand umzuändern.

Die Empfindlichkeit des Drehspulengalvanometers ist bekanntlich bei Konstanthaltung der übrigen Größen umgekehrt proportional der Wurzel aus der Direktionskraft ($\sqrt{D}$), da die Spannungsempfindlichkeit P (d. h. der Ausschlag in absolutem Winkelmaß, der für eine elektromotorische Kraft von 1 $C.G.S. = 10^{-8}$ Volt erhalten wird) für ein Drehspulengalvanometer gegeben ist (*a. a. O.*) als

$$P = \sqrt{\frac{2\,\mathfrak{T}}{D\,w}} \qquad \text{oder} \qquad P = \sqrt{\frac{2\,\tau}{\pi\,D\,w}},$$

wenn $\mathfrak{T}$ die ballistische Ausschlagszeit, $\tau = \mathfrak{T}\,\pi$ die halbe Schwingungsdauer im offenen Zustand, w den Widerstand des äußeren Schließungskreises (absolut) bedeutet, wenn ferner der Klemmenwiderstand w_k des Galvanometers klein gegen w und die Dämpfung im offenen Zustand gering ist[2]).

---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 69. 1906.*

[2]) Sind die beiden letzten Bedingungen nicht erfüllt, so ist der obige Ausdruck noch mit dem Produkt $\alpha\,\beta$, das kleiner als 1 ist, zu multiplizieren, wobei

$$\alpha = \sqrt{1 - \sqrt{\frac{\lambda_0^2}{\pi^2 + \lambda_0^2}}} \qquad \text{und} \qquad \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{w_k}{w}}}$$

ist, und $\lambda_0 = \log\text{nat}\,k$ das logarithmische Dekrement bedeutet (k = Dämpfungsverhältnis). Man erhält dann $P' = P\,\alpha\,\beta$.

Man muß daher anstreben, nicht nur D, sondern auch w_k/w klein zu machen und das Dämpfungsverhältnis im offenen Stromkreis nicht zu groß zu wählen. Für $k = 2$ erhält man beispielsweise $\alpha = 0{,}9$ und für $w_k = w$ $\beta = 0{,}7$. In diesem Fall geht also bereits etwa 40% der maximal erreichbaren Empfindlichkeit verloren. Außerdem muß das Galvanometer noch für einen bestimmten Widerstand konstruiert sein und eine angemessene Schwingungsdauer (etwa 5 Sek.) besitzen.

Das in den früheren Mitteilungen mit Nr. 2 bezeichnete Instrument der Firma Siemens & Halske (Klemmenwiderstand etwa 100 Ohm) hat die kleinste Direktionskraft von $D = 0{,}6\ g \cdot cm^2/\text{Sek.}^2$, während diejenige des Instruments Nr. 1 von kleinem Widerstand etwa 4-mal so groß ist (*Ann. d. Physik* **21**. *S. 77. 1906*). Es war also zu erwarten, daß man bei einer Umkonstruktion des Instrumentes Nr. 2 für geringeren Widerstand etwa die doppelte Empfindlichkeit würde erreichen können, als diejenige des Instruments Nr. 1 beträgt. Es war früher schon gezeigt worden (*a. a. O. S. 83*), daß die Spannungsempfindlichkeit eines solchen Instruments für eine Schwingungsdauer von 5 Sek. dann nur noch unerheblich hinter derjenigen eines Kugelpanzergalvanometers zurückstehen würde. Hierbei ist der Umstand für das Drehspulengalvanometer günstig, daß sein Klemmenwiderstand klein sein soll gegen den Widerstand des äußeren Schließungskreises, während beim Nadelgalvanometer im günstigsten Fall beide Größen gleich sind. Wenn die Bedingung eines verhältnismäßig kleinen Klemmenwiderstandes für das Drehspulengalvanometer erfüllt ist, erhält man also die gleiche *Spannungs*-Empfindlichkeit wie mit einem Nadelgalvanometer, dessen *Strom*-Empfindlichkeit *doppelt* so groß ist. Auf die Spannungsempfindlichkeit kommt es aber allein an.

Der Ausschlag $\mathfrak{P}$ für 1 Mikrovolt in Skalenteilen bei 2000 Skalenteilen Abstand der Skale und für $\tau = 5$ Sek., $w = 1$ Ohm, war, wenn $D = 0{,}5$ angenommen wurde, früher angegeben zu

$\mathfrak{P} = 32$ Skalenteilen für das Drehspulengalvanometer,
$\mathfrak{P} = 40$ „ „ „ Kugelpanzergalvanometer.

Für $w = 10; 20; \ldots$ Ohm sind beide Zahlen durch $\sqrt{10}; \sqrt{20}; \ldots$ zu dividieren. Der Wert $\mathfrak{P} = 32$ für das Drehspulengalvanometer bedeutet, besonders für solche kleinen Widerstandes, nur eine obere Grenze, die nicht ganz zu erreichen ist, da der Klemmenwiderstand w_k nicht beliebig klein gemacht werden kann. Abgesehen hiervon bietet aber die Umkonstruktion des Galvanometers keine erhebliche Schwierigkeit.

Aus den früher (*Ann. d. Physik* **21**. *S. 76. 1906*) unter 1. mitgeteilten Beziehungen ergibt sich, wenn die Direktionskraft D ungeändert gelassen wird, und die Schwingungsdauer $\tau' = n\,\tau$, der Widerstand des Schließungskreises $w' = m\,w$ gemacht wird, daß das Trägheitsmoment k' und die dynamische Galvanometerkonstante q' des umgeänderten Instruments den Wert $k' = n\,k$ und $q' = \sqrt{n\,m}\ q$ erhalten müssen, wobei k und q die Werte für das ursprüngliche Instrument bezeichnen. Bleibt auch die Schwingungsdauer unverändert, so hat man nur $q' = \sqrt{m}\ q$ zu machen, d. h. bei gleichbleibender Feldstärke die Windungsfläche im Verhältnis $\sqrt{m} = \sqrt{w' : w}$ zu ändern. Im vorliegenden Fall war daher die Windungsfläche annähernd auf den fünften Teil zu reduzieren, falls ein Instrument von etwa 5 Sek. Schwingungsdauer und 20 Ohm äußerem Widerstand bei einer Direktionskraft von etwa 0,6 erhalten werden sollte.

Störend war hierbei zunächst der bedeutende Widerstand der Zuleitung bei dem Galvanometer Nr. 2. Bei einem in der Reichsanstalt befindlichen Instrument dieser Art betrug der Widerstand des Aufhängedrahtes 7 Ohm, derjenige der unteren Zuleitungs-

spirale etwa 40 Ohm, also der Gesamtklemmenwiderstand etwa 50 Ohm, einschließlich des Spulenwiderstandes. Wenn das Galvanometer somit für einen äußeren Widerstand w von 20 Ohm berechnet würde, ergäbe sich $w_k/w = 2{,}5$, d. h. die Empfindlichkeit würde auf die Hälfte der maximal erreichbaren herabgesetzt, (vgl. *Anm. 2, S. 207*) und ein großer Teil des Vorteils, der aus der feineren Aufhängung resultiert, ginge verloren.

Es erschien daher notwendig, den Widerstand der Zuleitung, besonders der unteren Spirale, zu verringern, ohne die Direktionskraft zu erhöhen. Da aber die untere Spirale nur zu einem geringen Bruchteile zu der Direktionskraft der Aufhängung beiträgt, war es möglich, dieselbe, statt wie bisher aus Phosphorbronze, aus gut leitendem Material zu machen, ohne befürchten zu müssen, daß eine störende elastische Nachwirkung für die gesamte Direktionskraft auftritt. Für den oberen Zuleitungsdraht ist man dagegen auf nachwirkungsfreie Materialien angewiesen.

Die Firma Siemens & Halske unterzog sich in entgegenkommender Weise der Aufgabe, ein Instrument nach den vorstehend gegebenen Gesichtspunkten umzuändern, und lieferte ein recht zufriedenstellendes Galvanometer, das zurzeit bei Messungen mit einem Kompensationsapparat kleinen Widerstandes benutzt wird.

Das Instrument besitzt eine Schwingungsdauer von etwa 5,5 Sek. und wird mit einem äußeren Widerstand von 10 Ohm aperiodisch; das Dämpfungsverhältnis ist $k = 2$.

Die Widerstände des Aufhängedrahtes und der unteren Spirale sind gleich und betragen zusammen etwa 9 Ohm, sind also etwa auf den fünften Teil reduziert. Der Widerstand der Spule selbst beträgt nur 0,5 Ohm, somit der Gesamt-Klemmenwiderstand etwa 9 bis 10 Ohm. Die Direktionskraft der Zuleitungsspirale ist nur etwa $^1/_{10}$ der gesamten Direktionskraft.

Aus vorstehenden Daten berechnet sich $\alpha = 0{,}88_5$, $\beta = 0{,}69_3$; $\alpha\beta = 0{,}61$, d. h. man erhält infolge des Klemmenwiderstandes und der Dämpfung im offenen Stromkreis nur 0,6 der maximal erreichbaren Empfindlichkeit.

Für die Spannungsempfindlichkeit ergibt sich

$$P = \sqrt{\frac{2\,\mathfrak{T}}{D\,w}} \cdot \alpha\beta,$$

worin $\mathfrak{T} = 1{,}7_5$ Sek., $D = 0{,}6$, $w = 10^{10}$ zu setzen ist, somit

$$P = 0{,}61 \times 2{,}41 \times 10^{-5} = 1{,}47 \times 10^{-5},$$

während für $k = 1$ und $w_k = 0$

$$P_0 = 2{,}41 \times 10^{-5}$$

wäre.

Bei 3 *m* Skalenabstand entspricht dies einer elektromotorischen Kraft von $1{,}13 \times 10^{-7}$ Volt für 1 *mm* Ausschlag (maximal erreichbar $0{,}68 \times 10^{-7}$ Volt für 1 *mm*), während man bei Anwendung des Kugelpanzergalvanometers für 1 *mm* eine elektromotorische Kraft von $0{,}43_5 \times 10^{-7}$ Volt bei gleicher Schwingungsdauer und gleichem Widerstand erreichen würde.

Wenn das Drehspulengalvanometer unter Beibehaltung derselben Zuleitungen für etwas größeren Widerstand konstruiert wird, ist die erreichbare Empfindlichkeit relativ größer, da das Verhältnis w_k/w günstiger ausfällt. Macht man beispielsweise $w = 40$ Ohm, so wird $w_k/w = 0{,}25$ und $\beta = 0{,}90$ statt 0,69.

Das Instrument ist dann $3^1/_2$-mal so empfindlich als das mit Nr. 1 bezeichnete von gleichem äußeren Widerstand der Firma Siemens & Halske, bei welchem $\alpha\beta = 0{,}57$ und die Schwingungsdauer 3,5 Sekunden beträgt. Die durch Rechnung

für die Empfindlichkeit des neuen Instrumentes gefundenen Zahlen sind durch die Messung bestätigt worden.

Aus einigen Beispielen wird man am besten ein Urteil über die Empfindlichkeit des Instruments gewinnen. Wird es z. B. in Verbindung mit einem Thermoelement Eisen-Konstantan benutzt, so entspricht 1° Temperaturunterschied der Lötstellen (bei 3 *m* Skalenabstand) etwa 450 Skalenteilen. Verwendet man andererseits das Galvanometer in einer Wheatstoneschen Brückenkombination, in der alle Zweige 10 Ohm haben, und bei der ein Zweig aus einem Platinwiderstand besteht, wobei die Meßstromstärke 0,01 Amp. beträgt, so entspricht 1° Temperaturänderung bei Zimmertemperatur etwa 1100 Skalenteilen. Bei einer günstigeren Anordnung der Brücke (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 80. 1906*, Nr. II bezw. III) kann die Empfindlichkeit für dieselbe Meßstromstärke auf 1600 bezw. 2200 Skalenteile gesteigert werden.

Für den Gebrauch mit dem Diesselhorstschen Kompensationsapparat ist der Galvanometerwiderstand kleiner, als günstig ist, da bei diesem Apparat dauernd etwa 12 Ohm in den Galvanometerkreis eingeschaltet sind. Durch eine entsprechende Vergrößerung der Windungszahl der Spule läßt sich leicht erreichen, daß das Galvanometer bei sonst ungeänderten Konstanten für etwa 20 Ohm im äußeren Schließungskreis aperiodisch wird. Man würde dann mit demselben Platinwiderstand wie oben bei der gleichen Meßstromstärke etwa 3000 Skalenteile für 1° erhalten.

Referate.

Eine neue Sextanten-Form.

Von L. A. Freudenberger. *Phys. Rev.* **26.** *S. 254. 1908.*

Dieser neue Sextant unterscheidet sich von dem alten Hadleyschen in der Hauptsache dadurch, daß die beiden Spiegel um 45° gegen die Instrumentenebene geneigt sind und so stehen, daß die Verlängerung der Drehachse der Alhidade durch die Spiegel-Mittelpunkte hindurchgeht. Dabei befindet sich nur der Indexspiegel auf der Oberseite des Sextanten, der zur Hälfte belegte Kimmspiegel dagegen auf der Unterseite. Die vom Indexspiegel zurückgeworfenen Lichtstrahlen gehen durch die hohle Drehachse der Alhidade, durchsetzen den unbelegten Teil des Kimmspiegels und gelangen in das Fernrohr, das auf der Unterseite des Sextanten in der Verlängerung der Drehachse angebracht ist. Die vom belegten Teil des Kimmspiegels reflektierten Strahlen verlaufen ebenfalls in der Richtung der Drehachse. Durch Ausbildung des Limbus als Vollkreis ist es möglich, den Meßbereich auf Winkel von 360° auszudehnen.

Aus dieser Anordnung geht hervor, daß die Alhidade um den ganzen zu messenden Winkel gedreht werden muß und nicht nur um die Hälfte dieses Winkels wie beim Hadleyschen Sextanten. Damit wird eine Verringerung des aus unsicherer Führung der Alhidade hervorgehenden Fehlers und des Ablesefehlers erzielt, worin der Verf. selbst den einzigen Vorzug seiner Konstruktion erblickt. Er übersieht dabei, daß bei einem guten, modernen Sextanten diese Fehler gegenüber den sonstigen Fehlerquellen (Einstellungsfehler, Unsicherheit der Kimm, persönliche Gleichung) vollständig verschwinden, sodaß ein Bedürfnis, sie noch mehr zu verkleinern, nicht vorliegt. Die Annahme des Verf., daß der Einstellungsfehler ebenfalls halbiert wird, ist nicht zutreffend, da die Genauigkeit, mit der der Beobachter den Moment der Berührung von Sonnen- oder Mondrand oder Stern und Kimm aufzufassen vermag, von der Größe der Drehung des Indexspiegels gar nicht oder jedenfalls nur in verschwindendem Maße abhängig ist.

Dagegen wird das, was Ref. als wirklichen Vorteil der vorgeschlagenen Spiegel-Anordnung ansehen möchte, gar nicht erwähnt. Dies ist erstens die Eigenschaft, daß die

Helligkeit des vom Indexspiegel kommenden Bildes und der Durchmesser des Gesichtsfeldes bei jeder Stellung dieses Spiegels dieselben und daher unabhängig von der Größe des gemessenen Winkels sind, während sie bei Sextant und Prismenkreis sich sehr stark mit diesem Winkel ändern, und zweitens die Möglichkeit, infolge der verdoppelten Alhidadenbewegung den Limbusdurchmesser kleiner und dadurch das Instrument stabiler und leichter zu machen.

Diesen Vorteilen stehen aber Nachteile gegenüber, die eine Einführung dieser Konstruktion in die Praxis verhindern dürften. Dahin gehört erstens die Fernrohrstellung, derzufolge der Blick des Beobachters nicht nach dem im Gesichtsfelde erscheinenden Punkte des Horizonts, sondern nach einem um 90° davon abstehenden Punkte gerichtet ist, und die eine Beobachtung über dem künstlichen Horizont mit diesem Sextanten zu einer außerordentlichen Geschicklichkeits- und Geduldsprobe gestalten dürfte, zweitens die Drehung des vom Indexspiegel gelieferten Bildes um die optische Achse bei Drehung der Alhidade, die das Messen von Horizontalwinkeln unmöglich machen, das von Mondhöhen und Monddistanzen stark erschweren muß.

Bevor diese Übelstände nicht beseitigt sind, was sich in derselben Weise wie bei den doppelt gebrochenen Panorama- und Zielfernrohren erreichen lassen dürfte, kann der neue Typ nicht als eine Verbesserung des alten Hadleyschen bezeichnet werden.

Kohlschütter.

Der Doppelkompaß.

1) Fr. Bidlingmaier, Der Doppelkompaß, seine Theorie und Praxis. *Deutsche Südpolar-Expedition 1901—1903. V. Bd.: Erdmagnetismus. Heft I. 4°. 104 S. m. 18 Fig. Berlin 1907.* — 2) Fr. Bidlingmaier, Über eine höchst empfindliche Methode zur Untersuchung von Inhomogenitäten im magnetischen Feld. Ein neuer Galvanometertypus. *Physikal. Zeitschr. 8. S. 176. 1907.* — 3) Ad. Heydweiller, Über das System der gekreuzten Magnete und seine Verwendung. Bemerkung zu einer Mitteilung des Herrn Fr. Bidlingmaier. *Physikal. Zeitschr. 8. S. 302. 1907.* — 4) Fr. Bidlingmaier, Zur Methode des zweifach beweglichen Systems zweier gekreuzter Magnetnadeln. *Physikal. Zeitschr. 8. S. 440. 1907.* — 5) Fr. Bidlingmaier, Der Doppelkompaß als Hülfsmittel der praktischen Navigation. *Ann. d. Hydrographie u. maritim. Meteorologie 35. S. 198. 1907.* — 6) Fr. Lauffer, Der Doppelkompaß von Fr. Bidlingmaier. *Mitt. aus d. Gebiet d. Seewesens 36. S. 173. 1908.* — 7) H. Maurer, Bestimmung und Kompensation von Deviationen mit dem Doppelkompaß von Fr. Bidlingmaier. *Ann. d. Hydrographie u. maritim. Meteorologie 36. S. 252. 1908.*

Der Doppelkompaß darf als eine Frucht der Deutschen Südpolar-Expedition angesehen werden, insofern Hr. Bidlingmaier durch die offenbare Unzulänglichkeit der bisherigen Hülfsmittel bei seinen Bestimmungen der erdmagnetischen Horizontalintensität an Bord des „Gauß“ zur Konstruktion dieses Apparates angeregt und ein rohes Modell dazu bereits während der Drift dieses Forschungsschiffes im Packeis hergestellt wurde. In der Tat ist es Bidlingmaier gelungen, zusammen mit der ausführenden Firma C. Bamberg in Friedenau einen Apparat herzustellen, der auch auf arbeitendem Schiffe relative Bestimmungen der Horizontalintensität bis auf etwa 0,1% Fehler ermöglicht.

Der Grundgedanke ist die Bestimmung der horizontalen Feldintensität aus dem Spreizwinkel zweier senkrecht übereinander angeordneter, horizontal drehbarer Magnetsysteme. Als Erster, der ein an Bord brauchbares derartiges Instrument angab und dessen Theorie entwickelte, wird F. J. Stamkart genannt, der seinen „*Intensiteits-Kompas*“ in den *Verhandelingen d. Kon. Akademie van Wetenschappen (Amsterdam) 7. 1859* beschrieb. Trotz weiterer Veröffentlichungen Stamkarts, deren letzte in den *Archives Néerlandaises (Haarlem) 11. S. 239. 1876* erschien, geriet sein auch praktisch erprobter Apparat in Vergessenheit. 1898 hat dann A. Heydweiller ein auf dem gleichen Prinzip beruhendes Instrument in *Wied. Ann. 64. S. 735. 1898* beschrieben, das aber nur zur Messung feiner Lokalvariationen dienen sollte. Nicht erwähnt wird, daß in einem Referat über Heydweillers Arbeit M. Eschenhagen in *dieser Zeitschr. 19. S. 93. 1899* auf die Verwendbarkeit eines solchen Instruments zu Intensitätsbestimmungen auf Schiffen und im Ballon hingewiesen hat, und daß Ebert

Digitized by Google

einen für Messungen im Ballon konstruierten Apparat dieser Art in St. Louis 1904 ausgestellt hat, der in dem Katalog über die „Wissenschaftlichen Instrumente der deutschen Unterrichts-Ausstellung St. Louis 1904“ auf *S.* 7 kurz beschrieben ist.

Das Instrument von Bidlingmaier [Kapitel III der obigen Abhandlung I)] ist in den Fig. 1 und 2 in Seiten- und Ober-Ansicht dargestellt. Als Magnetsysteme sind Kompaßrosen verwendet, die sich nur wenig von den von Thomson und von Hechelmann angegebenen Formen unterscheiden (Fig. 2). Nur sind bei ihnen die Magnetchen, um ihre Unverstellbarkeit gegen die Rose zu sichern, statt an Seidenfäden an Aluminiumgestellen befestigt (das Gewicht solcher Thomson-Rosen betrug 30,8 bis 33,5 *g*, von Rosen nach Hechelmann 43 bis 44 *g*); das Papierblatt mit der Rosenteilung ist mit Glimmer unterlegt; an den vier Kardinalstrichen der oberen Rose befinden sich Ausschnitte *a* (Fig. 2), über die radial je ein Silberfaden gespannt ist, und die untere Rose trägt innerhalb der Strichteilung eine zweite Gradteilung. Kurze Stahlpinnen in der Mitte der Rosenunterseite spielen auf Saphirhütchen der Rosenträger (einen von diesen siehe in Fig. 1 bei *T*). Genau in der Mitte zwischen beiden Rosen ruht eine wagerechte, unbelegte Glasplatte; durch Spiegelung in dieser erblickt man die Unterseite der oberen Rose und insbesondere deren Ausschnitte mit den Silberfäden ohne Parallaxe auf der unteren Rose, sodaß die Ablesung auf der unteren Rose an einem solchen gespiegelten Faden den momentanen Spreizwinkel zwischen den Rosen bestimmen läßt. Mit dem Drehkopf *Z* kann ein Zahnrad gedreht werden, in das von jeder Seite eine Zahnstange eingreift, von denen die eine mit dem oberen Rosenträger, die andere mit dem unteren fest verbunden ist. Dadurch lassen sich die Rosen in beliebige, auf dem Drehkopf an einem festen Index ablesbare Entfernungen einstellen, ohne daß ihre symmetrische Lage zu der Glasscheibe verloren geht. Die Schraube *A* am Kesselboden betätigt die Arretierung der Rosen, die sich auf vertikal verschiebbaren Teilern von ihren Lagern abheben lassen. Die Milchglas-Blendschirmchen *B* (Fig. 1) auf dem Kesseldeckel erleichtern das Auffinden der gespiegelten Fadenbilder, wenn ausreichendes diffuses Tages-

Fig. 1.

Fig. 2.

licht von oben fehlt. Zur Beleuchtung der unteren Rose dienen seitliche Fenster im Kessel, der zur Erleichterung der Ablesungen in der ruhenden kardanischen Aufhängung um seine Vertikalachse drehbar ist. Der Kurs jeder einzelnen Rose kann an einem als Steuerstrich dienenden Vertikalfaden abgelesen werden, der an der inneren Kesselwand ausgespannt ist. Zur Bestimmung der Instrumenttemperatur ist ein Thermometer in die Kesselwand eingelassen.

Von wünschenswerten instrumentellen Verbesserungen nennt der Verf. die folgenden:

1. Besondere Aufmerksamkeit ist der Horizontalität der Rosen und ihrer Magnetsysteme zuzuwenden.

2. Eine große Rolle spielt dabei die Lagerung der Rosen. Es empfiehlt sich, schon um die Konstanz der Entfernungen zu gewährleisten, besonders gute Spitzen zu verwenden (Iridium). Ref. bemerkt hierzu, daß einzelne Versuche, die mit *reinem* Iridium als Pinnenmaterial in der Kais. Marine angestellt wurden, wegen der Sprödigkeit des Materiales nicht günstig ausgefallen sind.

3. Die Austarierung des Instruments, die Senkrechtstellung der Verbindungslinie der Drehpunkte beider Rosen, muß gut sein und darf unter der Drehbarkeit des Kessels nicht leiden.

4. Es empfiehlt sich, die Einstellung der Entfernungen vom toten Gang unabhängig zu machen. Zu dem Zweck ist die Skale feststehend und der Index beweglich anzuordnen.

5. Die Güte der Fadenbilder hängt sehr von der Beleuchtung ab. Es empfiehlt sich, zu deren Verbesserung die Seitenfenster des Kessels mit Schiebern zu versehen.

Die *Theorie des Instrumentes* [Kapitel II von Abh. 1)] hat Bidlingmaier gründlich durchgearbeitet, indem er von der Ableitung der Drehmomente zweier beliebig gelagerter Rosen mit je einem kleinen wagerechten, beliebig angeordneten Magneten ausging und dann spezialisierte auf das Drehmoment zweier vertikal über einander hängender Rosen mit mehreren symmetrisch zum Drehpunkt angeordneten Magneten. Das Gesamtdrehmoment wird als Funktion des Vertikalabstands e und des Spreizwinkels ψ der Rosen gefunden zu $\frac{M M' \sin \psi}{e^3} \cdot D$, wo M und M' die Summen der magnetischen Momente der Magnetchen jeder Rose und D ein Korrektionsglied von der Form

$$D = 1 - \frac{a}{e^2} + \frac{b}{e^4} + \frac{c}{e^4} \cos^2 \psi + \ldots$$

ist, in dem die Koeffizienten a, b, c vom Bau und der Magnetisierung der Rosen abhängen. Eine Untersuchung von D für die Rosen von Thomson und Hecheimann zeigt, daß die erstere viel kleinere Werte von a, b, c aufweist und damit für den vorliegenden Zweck weit geeigneter ist, wie ja auch bei ihrer zentraleren Magnetanordnung zu erwarten. Aus der Formel für das Drehmoment ergibt sich für die Feldintensität H

$$H = \frac{M + M'}{e^3} \cos \frac{\psi}{2} \cdot D \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{M - M'}{M + M'} \right)^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\psi}{2} \right].$$

Wenn also D sehr wenig von 1 abweicht und M und M' sich sehr wenig unterscheiden, verhalten sich beim selben Abstand e der Rosen die Feldintensitäten wie die Kosinus der halben Spreizwinkel:

$$\frac{H}{H_0} = \frac{\cos \frac{\psi}{2}}{\cos \frac{\psi_0}{2}},$$

und es wird $\frac{\Delta H}{H} = -\frac{1}{2} \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \cdot \Delta \psi$, d. h. die Methode wird um so empfindlicher, je kleinere Spreizwinkel ψ man wählt, da dann derselben prozentischen Änderung von H ein größerer Ausschlag $\Delta \psi$ entspricht. Eine interessante Diskussion dieses Ergebnisses ist von den Hrn. Bidlingmaier und Heydweiller in der *Physikal. Zeitschr.* [s. o. Abb. 2), 3), 4)] veröffentlicht worden. Bidlingmaier zeigt in der ersten Arbeit, daß sich mit den Differenzen der Spreizwinkel, wenn das obere System einmal nach Ost, das andere Mal nach West abgelenkt wird,

die Unterschiede des magnetischen Feldes zwischen dem Ort der oberen und dem der unteren Rose äußerst genau untersuchen lassen. Man erhält dabei für jedes System einen Eigenwinkel (Unterschied seiner Stellungen bei beiden Versuchen) und zwei Gegenwinkel (Winkel zwischen beiden Systemen). Die Differenz der Eigenwinkel gibt ein Maß für den Unterschied der Feldintensität oben und unten, und zwar um so genauer, je größer der Spreizwinkel ψ ist; die Differenz der Gegenwinkel mißt den Unterschied in der Kraftlinienrichtung oben und unten, und zwar äußerst empfindlich bei kleinen Spreizwinkeln. Bei 10° Spreizwinkel z. B. würde eine Differenz von 1' in der Kraftlinienrichtung oben und unten eine Differenz der Gegenwinkel bei beiden Spreizungssinnen von $4^1/_2{}^0$ bewirken. Bidlingmaier schlägt vor, diese hohe Empfindlichkeit in folgender Art praktisch zu verwerten: denkt man sich den Unterschied der Kraftlinienrichtung unten und oben hervorgerufen durch zwei in entgegengesetztem Sinn von einem sehr schwachen Strom durchflossene über einander stehende Galvanometerspulen, in denen sich die aufeinander einwirkenden Magnete befinden, so ließe sich auf diese Weise ein Galvanometer konstruieren, das neben seiner außerordentlichen Empfindlichkeit den Vorzug hätte, von gleichmäßigen Richtungsschwankungen des ganzen Feldes völlig unabhängig zu sein.

Von anderen *interessanten Nebenresultaten* [Kapitel V von Abh. 1)], zu denen die Untersuchung der verschiedenen Störungseinflüsse auf die Genauigkeit seines Instrumentes den Erfinder geführt hat, mögen die folgenden genannt sein: Eine *Neigung des Apparates* ergibt, wenn die Rosen wagerecht bleiben und ihre Magnetismen symmetrisch zum Aufhängepunkt sind, stets eine Verkleinerung des spreizenden Drehmoments, wie theoretisch abgeleitet und durch den Versuch experimentell bestätigt wird. Im übrigen zeigt sich, daß eine Unsymmetrie der Magnetismen einer Rose ziemlich kräftig in den Unterschieden zwischen den Spreizwinkeln bei verschiedener Neigung sich ausprägt, sodaß hierin ein *Untersuchungsmittel für die magnetischen Unsymmetrien in einer Kompaßrose* gefunden ist.

Neigungen der Rosen selbst vergrößern das spreizende Drehmoment. Der mit dem Spreizwinkel veränderliche Einfluß der höheren Potenzen von $1/e$ und der Temperaturkoeffizient wurden experimentell als minimal bestimmt.

Besonders untersucht hat Bidlingmaier die Frage nach dem magnetischen Moment und der *Poldistanz* seiner Rosen. Schon bei einer Kritik der Theorie von Stamkart, die auf der Annahme aufgebaut ist, daß die gegenseitige Einwirkung der beiden Rosen sich durch diejenige zweier fingierter Polpaare ersetzen ließe, wird die Unhaltbarkeit dieser Voraussetzung dargetan, da die berechnete Poldistanz mit abnehmender Rosenentfernung zunimmt. Im § 31 wird dann die gebräuchliche Sinusablenkungs-Methode, bei der eine 14 *cm* lange Nadel von der seitlich auf eine Schiene aufgelegten Kompaßrose abgelenkt wird, geprüft. An der Hand der Lamontschen Reihenentwicklung für die gegenseitige Ablenkung zweier Magnete ergibt sich, daß nach Beobachtungen aus den allerdings sehr kleinen Entfernungen 25, 30 und 35 *cm* die Berechnung von Poldistanzen für die Rosen zu sinnlosen Widersprüchen führt und das Moment der Hecheimannschen Rose mit ihren peripherisch angeordneten Magneten 2- bis 3-mal zu groß gefunden wird. Bidlingmaier empfiehlt zur Vergleichung verschiedener Kompaßrosen eine Methode, bei der der Mittelpunkt der kleinen abzulenkenden Nadel vertikal über oder unter dem Rosenmittelpunkt liegt. Die Berechnung der Gesamtwirkung einer Rose nach außen aus der Anordnung und den Momenten der einzelnen Rosenmagnete hat den Verf. auch zu der umgekehrten Aufgabe geführt, aus der bekannten Wirkung in mehreren Außenpunkten Schlüsse auf die räumliche Verteilung der Magnetismen in dem in einzelne Bezirke eingeteilten System zu machen, und er hofft, diesen Gedanken für die Untersuchung der *räumlichen Verteilung des Magnetismus der Erde* verwerten zu können (§ 13).

Seine *praktischen Beobachtungen mit dem Doppelkompaß* hat Bidlingmaier in Kapitel IV (Abb. I) ausführlich wiedergegeben und in Kap. VI diskutiert. Sie sind in der Art ausgeführt worden, daß je die Lage der vier gespiegelten Fäden der oberen Rose auf der unteren, etwa 10-mal wiederholt, bei beiden Spreizungssinnen und nacheinander bei verschiedenen Rosenentfernungen abgelesen wurde. Dies geschah im Beobachtungshäuschen der Firma C. Bamberg

in Friedenau vor und nach einer Fahrt, die der Verf. auf dem Forschungsdampfer „Poseidon" mit seinem Instrument machen konnte, wobei zwei Stationen im Hafen von Mandal an der Südküste Norwegens und sieben Stationen auf See zur Beobachtung verwertet wurden. Die Unterschiede, die sich in den Spreizwinkeln bei gleicher Rosenentfernung ergaben, je nachdem diese wachsend oder abnehmend erreicht wurde, machten den Einfluß des toten Ganges in dem Zahnradgetrieb klar; und die teils sehr großen Differenzen in den Spreizwinkeln bei verschiedenem Spreizungssinn führten Bidlingmaier zur Erkenntnis der vorstehend erläuterten Wirkung einer Inhomogenität des Feldes, wie sie an dem Kompaßplatz auf „Poseidon" vorhanden war. Aus den Mittelwerten der Spreizwinkel aber bei Beobachtungen in beiden Spreizungssinnen wird, wenn das Schiff während der etwa 50 Minuten dauernden Messung sich gut auf seinem Kurs halten läßt, die Horizontalintensität mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}09\,\%$ gefunden. Das entspricht etwa der Genauigkeit der Messungen auf Feldstationen an Land, wenn diese nicht mit Variationsbeobachtungen eines Observatoriums reduziert werden können, und erweist die Brauchbarkeit des Doppelkompasses für gute Bestimmungen der Horizontalintensität auf See. Allerdings verlangt die Veränderlichkeit des Magnetismus der Rosen Vergleiche des Doppelkompasses mit absoluten Instrumenten, so oft dies möglich ist, und empfiehlt sich die von Bidlingmaier vorgeschlagene Verwendung mehrerer Rosenkombinationen, die sich in ihren Ergebnissen gegenseitig kontrollieren.

In Kapitel VII der Abh. 1) und ausführlicher in einem besonderen Aufsatz (Abh. 5) erläutert Bidlingmaier die *Bedeutung des Doppelkompasses für die praktische Navigation.* Das Instrument kann hier zum Aufsuchen des relativ besten Kompaßortes dienen, an dem die Richtkraft möglichst groß und möglichst wenig veränderlich mit Neigungen des Schiffes ist, was man durch Beobachtung des Spreizwinkels bei unveränderter Rosenentfernung feststellen kann. Zweitens können die Deviationskoeffizienten A bis E der Deviation

$$\delta = A + B\sin\zeta' + C\cos\zeta' + D\sin 2\zeta' + E\cos 2\zeta' \quad (\zeta' = \text{Kompaßkurs})$$

mit Ausnahme von A, das übrigens bei mittschiffs aufgestellten Kompassen verschwindend klein zu sein pflegt, aus den Spreizwinkeln des Doppelkompasses auf einer Anzahl äquidistanter Kurse bestimmt werden. Für die Richtkraft H' auf einem Kurse, dem der Spreizwinkel ψ entspricht, gilt nämlich angenähert die Gleichung

$$\frac{H'}{\lambda H} = \frac{\cos\frac{\psi}{2}}{\cos\frac{k}{2}} = 1 + \sin B\cos\zeta' - \sin C\sin\zeta' + \sin D\cos 2\zeta' - \sin E\sin 2\zeta',$$

wo λH das Mittel aus den H', $\cos(k/2)$ das Mittel aus den $\cos(\psi/2)$ auf allen äquidistanten Kursen ist. Die zahlreichen Ablesungen, die das Verfahren verlangt (auf jedem Kurs je 2 Fäden etwa 10-mal und in beiden Spreizungssinnen der Rosen), und der Umstand, daß es bei inhomogenem Feld schwierig sein kann, eine passende Rosenentfernung herauszufinden, die auch beim Umschlagen der Rosen brauchbar bleibt, werden die Einführung dieser Methode in die praktische Nautik wohl verhindern, wie schätzenswert auch ein solches Verfahren wäre, das ja bei gänzlich unsichtigem Wetter verwendet werden könnte. Noch ungünstiger dürften die Verhältnisse für die Kompensation eines Kompaßortes mit Hülfe des Doppelkompasses liegen, der eine Bestimmung der Deviationskoeffizienten nach der beschriebenen Methode vorausgehen muß. Man hätte dann die Quadrantalkorrektoren nach bekannten Tabellen so zu setzen, daß sie die Deviationen D und E aufheben, und darauf die Kompensationsmagnete so anzubringen, daß auf den vier Kardinalkursen der gleiche Spreizwinkel (der Kompensationswinkel) am Doppelkompaß entsteht. Bei der Berechnung dieses zu fordernden Kompensationswinkels ist übersehen worden, daß das Setzen der Quadrantalkorrektoren die mittlere Richtkraft des Ortes verändert. Die Ausführung des Verfahrens ist an sich nicht leicht, da der einzustellende Winkel ja jedesmal erst aus vielen Ablesungen bei zwei verschiedenen Spreizungssinnen gemittelt wird; die verlangten Kurse sollten mittlere Kurse nach den beiden Rosen des Doppelkompasses sein, die während dessen in Schwingung und in einer zu verändernden Spreizung begriffen sind; und wenn schließlich die Kompen-

Digitized by Google

sation erreicht ist, so gilt sie nur für einen Kompaß, dessen Nadelsystem auf die benachbarten Quadrantaikorrektoren keine merkliche andere magnetische Induktion ausübt wie der Doppelkompaß selbst. Als vierte Anwendung seines Instrumentes in der Navigation schlägt Bidlingmaier, einem Gedanken von Stamkart folgend, die Bestimmung der Deviation eines bestimmten Kurses während der Fahrt vor, indem man von diesem Kurse nur wenig nach Backbord und Steuerbord abweicht und die dabei auftretende Änderung der Spreizwinkel mißt. Die Methode setzt voraus, daß der konstante Deviationsanteil A an dem Platze bekannt und die Quadrantaldeviation wegkompensiert sei. Die Deviation ergibt sich dann nach der Formel

$$\delta = A + 28{,}65^\circ \operatorname{tg} \frac{\psi_1 + \psi_2}{4} \frac{\psi_2 - \psi_1}{\zeta_2' - \zeta_1'},$$

wo die ζ' die Kompaßkurse und die ψ die auf ihnen beobachteten Spreizwinkel sind. Eine Besprechung der Genauigkeit dieser Formel sowie der obigen zur Koeffizientenbestimmung hat Hr. Fr. Lauffer *a. a. O.* (Abb. 6) gegeben mit dem Resultat, daß bei kleinem Winkel zwischen den Kursen ζ_1' und ζ_2' die Deviation wegen der Größe des Faktors 28,65 ungenau gefunden wird. Zu dem gleichen Ergebnis hatten den Ref. Landversuche mit dem Instrument geführt; dagegen haben Versuche, die der Ref. gemeinschaftlich mit Hrn. Bidlingmaier an Bord S.M.S. „München" im Auftrage des Reichsmarineamtes ausführen konnte, gezeigt (Abb. 7), daß bei Differenzen $(\zeta_2' - \zeta_1') > 30^\circ$ die Methode wohl zu brauchen ist und für den vorliegenden Zweck auch genau genug bleibt, wenn man an Stelle der schwierigeren Ablesung der gespiegelten Fäden einfache Kursablesungen an beiden Doppelkompaßrosen setzt, wie sie dem Seemann geläufig sind. Die Kontrolle der Deviation auf langen Kursen kann so in etwa einer halben Stunde Zeit bei unsichtigem Wetter und geringem Abweichen vom Kurs ausgeführt werden.

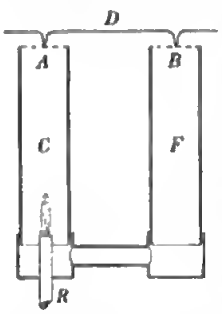
Die wesentliche Bedeutung des Doppelkompasses liegt aber nicht in seiner Verwendbarkeit für die praktische Navigation, sondern darin, daß er zurzeit das beste Instrument ist, das uns für Bestimmungen der Horizontalintensität auf See zur Verfügung steht, und daß er uns diese mit einer Genauigkeit liefern kann, die noch auf geraume Zeit hinaus ausreichend sein wird. Aber auch die zahlreichen Nebenresultate, die die gründliche Arbeit von Hrn. Bidlingmaier zutage gefördert hat, haben wichtige und dankenswerte Anregungen nach verschiedenen Richtungen gebracht, deren weiterer Ausbau schöne Resultate verheißt.

Prof. Dr. H. Maurer.

Kalorimeter zur Bestimmung des Heizwertes von Gasen und Flüssigkeiten.

Von Ch. Féry. *Journ. de phys.* **6.** *S. 886. 1907.*

Der Autor hat einen einfachen Apparat konstruiert, der den Heizwert eines Gases fortlaufend aufzuzeichnen gestattet, sodaß es möglich ist, ein Gas während seiner Herstellung dauernd auf seinen Heizwert zu prüfen.



Der Apparat besteht aus zwei Glaszylindern C und F (vgl. die Figur), die an ihrem unteren Ende durch ein Metallrohr verbunden sind. Oben sind sie durch Nickeldrahtnetze A und B abgeschlossen. Das brennbare Gas wird durch R in C eingeleitet und zur Entzündung gebracht. Die zum Verbrennen nötige Luft strömt durch F herzu; die erhitzten Gase entweichen bei A. A und B sind durch ein Konstantanband D miteinander verbunden, während die von A und B ausgehenden freien Drahtenden aus Kupfer bestehen und etwa durch ein Galvanometer geschlossen werden. Die Kupferdrähte bilden zusammen mit dem Konstantanband ein Thermoelement, das die Temperaturdifferenz zwischen A und B und somit zwischen der zuströmenden Luft und dem heißen Gas zu messen gestattet. Versuche haben gezeigt, daß diese Temperaturdifferenz proportional ist der pro Zeiteinheit verbrannten Menge des Gases und seiner Verbrennungswärme.

Die Messung des Heizwertes geschieht so, daß das Gasvolumen durch einen Gaszähler bestimmt wird, während gleichzeitig eine der Spannung des Thermoelementes und somit auch der Temperaturdifferenz proportionale Größe durch einen Amperestundenzähler registriert wird. Läßt man beide Zähler gleich lange gehen, und dividiert man die Angaben beider durch einander, so erhält man eine Zahl, die der Verbrennungswärme des Gases proportional ist.

Geeicht wird der Apparat mit Amylazetat, das in genügend reiner Form herstellbar ist, um seine Verbrennungswärme als Normal benutzen zu können.

Auch die Verbrennungswärme von Flüssigkeiten kann man mit diesem Apparat messen. An Stelle des Rohres R wird dann eine kleine Lampe gesetzt, die die brennbare Flüssigkeit enthält. Die verbrannte Menge wird durch Wägung festgestellt.

Schließlich sei noch erwähnt, daß der Apparat sparsam arbeitet. Er verbraucht pro Stunde 7 bis 15 Liter Gas bezw. 7 bis 10 Gramm Flüssigkeit. Die Konstruktion des Apparates hat die *Compagnie pour la fabrication des compteurs* in Paris (Boulevard de Vaugirard 16/18) übernommen. *Hng.*

Untersuchungen ebener Reflexionsbeugungsgitter mit Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit zur absoluten Messung von Lichtwellenlängen.

Von E. Gieseing. *Ann. d. Physik* **22**. *S. 333. 1907.*

Diese Abhandlung liefert einen wertvollen Beitrag zum Kapitel des ebenen Beugungsgitters und zur Klärung der Frage seiner Zuverlässigkeit. Beugungsgitter zur absoluten Messung von Lichtwellenlängen haben Bell, Kurlbaum und Thaién benutzt. Ihre Resultate weisen indessen Differenzen auf, die bedeutend größer sind, als sie nach den Instrumental- und Beobachtungsfehlern bei Gitterbreiten- und Spektrometermessung werden dürften, und stimmen auch nicht mit den Wellenlängen-Messungen überein, welche Michelson, Fabry und Perot mit Hülfe des Interferometers ausgeführt haben. Diese mit versilberten Luftplatten angestellten Messungen sind aber weit zuverlässiger, als die an Gittern erhaltenen Resultate, weil die Luftplatten wegen ihrer Einfachheit viel genauer als die Gitter konstruiert werden können.

Der Grund für die aus Gitter-Messungen abgeleiteten, fehlerhaften Resultate liegt nach Kaysers Ansicht allein in der ungenügenden Bestimmung der Gitterkonstanten als Gitterbreite dividiert durch Anzahl der Furchenintervalle, wobei man die zweifellose Inkonstanz der letzteren infolge technischer Mängel nicht berücksichtigt. In seinem „Handbuch der Spektroskopie" kommt daher Kayser zu dem Schluß: „Es ist unmöglich, mit Gittern die Wellenlänge bis auf 0,01 $\mu\mu$ genau zu bestimmen." Der Verf. stellt sich nun die Aufgabe, zu untersuchen, ob nicht doch eine größere Genauigkeit zu erzielen ist, wenn man mit unter den günstigsten Verhältnissen geteilten Gittern arbeitet, sowie die vermutlichen Fehler eines Gitters nach Möglichkeit aufzudecken.

Es standen zwei nach Paschens Wünschen von Rowland verfertigte Reflexionsgitter zur Verfügung. Das Material der beiden Gitter ist das auch zu den früheren Rowlandschen Reflexionsgittern benutzte Spiegelmetall. Auf einer Fläche von 105 $mm \times 105$ mm wurde von Brashear eine Kreisebene von etwa 95 mm Durchmesser planpoliert, und auf dieser Ebene teilte Rowland die Gitter mit seiner besten Teilmaschine. Beide Gitter sind im Jahre 1899 zusammen gefertigt worden, gehören also zu den letzten, die Rowland geteilt hat. Die geteilte Fläche des einen, G_I, ist 79 mm hoch und enthält 3120 Furchen, deren Höhe etwa 47 mm beträgt. Das andere, G_{II}, ist 78 mm breit und enthält 3085 Furchen von gleichfalls etwa 47 mm Höhe. Die beiden Gitter enthalten demnach eine bedeutend geringere Zahl von Furchen als die, mit denen Bell (bis zu 40000 Furchen) und Kurlbaum (bis zu 29500 Furchen) gearbeitet haben, und erforderten also zu ihrer Teilung eine bedeutend geringere Zeit, in der Temperaturschwankungen leichter vermieden werden konnten. Außerdem wird die Änderung des Diamanten beim Ziehen von 3100 Furchen wesentlich geringer sein, als beim Ziehen von 30000 oder sogar 40000 Furchen. Es ist somit den wahrscheinlich bedeutendsten Fehlereinflüssen in höherem Maße vorgebeugt als bisher.

Diese beiden Gitter untersuchte nun der Verf. auf ihre Fehler, und zwar auf Krümmung der Gitterfläche sowie auf Inkonstanz des Furchenintervalles, und führte darauf nochmals absolute Bestimmungen der Wellenlängen Hg 546,1 und Hg 579,1 durch Messungen am Komparator und Spektrometer aus. Auf den Teil der Arbeit, welcher die Prüfung der beiden Gitterflächen auf Krümmung behandelt, braucht hier nicht eingegangen zu werden, da er in experimenteller wie theoretischer Hinsicht als mißglückt zu bezeichnen ist. Auf die vom Ref. erhobenen Einwände hin hat denn auch der Verf. den betreffenden Abschnitt in einer Berichtigung zu seiner Abhandlung (*Ann. d. Physik* **22**. *S.* 798. *1907*) zurückgezogen.

Von großem Interesse ist dagegen die Untersuchung auf Inkonstanz des Gitterintervalles, da es dem Verf. gelungen ist, durch ein progressives Herausgreifen einer geringen Anzahl von Furchen über das ganze Gitter nachzuweisen, daß das Furchenintervall merklich variiert. Die vom Verf. benutzte Methode hatte schon Beil im Auge. Dieser blendete durch Verschieben eines Blattes Papier vor dem auf dem Spektrometer justierten Gitter immer mehr Furchen ab und untersuchte, ob sich dabei die Spektrallinie gegen das Fadenkreuz verschiebt oder ihre Gestalt ändert; letzteres war auch tatsächlich der Fall, aber erst, wenn $^2/_3$ des Gitters vom Papier bedeckt waren. Von einer Verfeinerung dieses Verfahrens scheint indessen Beil infolge technischer Schwierigkeiten Abstand genommen zu haben.

Da das zu diesen Prüfungen vom Verf. benutzte Spektrometer dasselbe ist, mit dem auch die Messungen der Beugungswinkel ausgeführt wurden, so mögen zunächst einige Angaben über dieses gemacht werden. Es ist nach speziellen Plänen Paschens von Fueß gebaut worden und besitzt einen vorzüglichen Teilkreis, der unabhängig vom Fernrohrträger und Tisch für sich allein gedreht werden kann. Die beiden Mikroskope auf dem Teilkreise lassen 1 Sekunde direkt ablesen und noch $^1/_{10}$ Sekunde schätzen. Kollimator und Fernrohr sind von Zeiß gefertigt worden; die Rohre bestehen aus Aluminium, die beiden zugehörigen Objektive sind dreiteilige Apochromate, haben eine Öffnung von etwa 70 *mm* und eine Brennweite von etwa 430 *mm*. Das gewöhnliche Fernrohrokular kann durch ein Spaltokular ersetzt werden, dessen untere Hälfte durch einen Spalt und ein total reflektierendes Prisma, das das Licht der Quecksilberlampe durch das Objektiv auf das Gitter wirft, ausgefüllt wird, während in dem oberen Halbkreise ein Fadenkreuz sitzt.

Bei der Prüfung der Gitter wird die Autokollimation unter Verwendung des Spaltokulars benutzt. Hierbei dient das Fernrohr gleichzeitig als Kollimator, und einfallender und gebeugter Strahl fallen zusammen, sodaß der Beugungswinkel gleich dem doppelten Einfallswinkel wird. Die Abgrenzung einer bestimmten Anzahl von Furchen geschah mit Hülfe eines Spaltes, der vor der Gitterfläche parallel zu ihr und den Furchen vorübergeführt wurde. Bewegte sich dann dieser mit geeigneter Schnelligkeit, so erschienen die Fehler der Gitterintervalle dem Auge als Schwanken der Spektrallinie gegen das Fadenkreuz des Okulars. Um die Verschiebungen der letzteren genau meßbar zu machen, wurden sie photographisch registriert. Dies geschah in der Weise, daß eine durch ein Uhrwerk gedrehte Welle den Spalt, dem die gewünschte Weite gegeben war, direkt vor dem Gitter vorbeibewegte und gleichzeitig den Film, auf dem die Erscheinung photographiert wurde, abrollte. Selbst von nur 40 Gitterfurchen ließ sich bei einem Einfallswinkel von 26° noch ein Beugungsbild erhalten, das für die photographische Registrierung brauchbar war.

Da ein einzelner Versuch oft mehrere Stunden dauerte, so war eine große Temperaturkonstanz erforderlich. Zur Ermittelung der Gittertemperatur war die Rückseite des Gitters in Berührung mit einem Messingblock von etwa 55 *mm* Höhe, 90 *mm* Breite und 20 *mm* Dicke; in diesen war von oben her ein Loch von etwa 45 *mm* Tiefe eingebohrt, das zum Teil mit Quecksilber gefüllt zur Aufnahme eines Thermometers diente. Es wurde dann darauf geachtet, daß die Temperaturschwankungen dieses Thermometers während des Versuches die Grenze von 0,1° nicht überstiegen.

Zur photographischen Registrierung wurde die blaue Hg-Linie 435,8 benutzt. Seltsamerweise gebrauchte der Verf. dazu Quecksilberlampen, die er immer nur 20 Minuten lang brennen lassen konnte, weil dann das Quecksilber durch die Erwärmung derartig ausgedehnt

war, daß sich die beiden getrennten Hg-Kuppen berührten, also Kurzschluß entstand, was natürlich durch rechtzeitiges Stromunterbrechen vermieden werden mußte. Vor der Neuzündung mußte der Lampe stets erst wieder 15 Minuten Zeit zur Abkühlung gelassen werden. Damit hat sich der Verf. die Untersuchungen unnötig erschwert, da im Handel jedenfalls bedeutend bessere Quecksilberlampen zu haben sind.

Die Versuche zeigten nun, daß man es bei Abgrenzung von wenig Furchen mit sehr erheblichen Schwankungen des Beugungsbildes zu tun hat. So entspricht bei 1 *mm* engem Spalte, wo nur etwa 40 Furchen zusammenwirken, für Gitter G_I der Abstand der beiden äußersten Lagen der Spektrallinie einer Änderung des Furchenintervalles um 8,4 $\mu\mu$, d. i. $^1/_{2000}$ seines Wertes. Das Ergebnis für G_{II} war wesentlich das gleiche wie für G_I. Dabei konnten periodische Fehler der Gitterteilung nicht nachgewiesen werden. Bei Vermehrung der Anzahl gleichzeitig zusammenwirkender Furchen nehmen natürlich die Schwankungen ab. Wurde der Gitterspalt 5 *mm* weit gemacht entsprechend 200 Furchen, so ergaben sich für G_I bei einem Einfallswinkel von 26° nach Auswertung des mittleren Gitterstückes von 53 *mm* Änderungen des Furchenintervalles bis zu $^1/_{9700}$, für G_{II} bis zu $^1/_{7200}$ bei einem Einfallswinkel von 20° und Ausnutzung eines Gitterstückes von 55 *mm*. Also selbst bei 200 zusammenwirkenden Furchen machen sich die Fehler der Gitterteilung noch sehr stark bemerkbar.

Bei diesen Versuchen vermißt der Ref. ein näheres Eingehen auf die Güte des Fernrohrobjektivs. Bei Verschiebung des Gitterspaltes werden nämlich auch andere und andere Teile des Fernrohrobjektivs zur Abbildung des Okularspaltes benutzt. Es war daher nachzuweisen, daß die Fehler des Objektivs die Lage des Spektralbildes nicht beeinflussen. Eine solche Untersuchung hätte z. B. in der Weise erfolgen können, daß man bei zu den Lichtstrahlen senkrechter Stellung der Gitterplatte das mittlere, nicht abgelenkte Spaltbild beobachtete.

Da ferner über die Krümmungsfehler der Gitterflächen nichts Sicheres bekannt ist, so läßt sich auch nicht mit Bestimmtheit sagen, inwieweit die Gitterkrümmungen die vom Verf. beobachteten Spaltbild-Verschiebungen beeinflußt haben. Daß dies in merklicher Weise stattgefunden haben könnte, ist sehr wohl möglich. Denn es ist nicht ausgeschlossen, daß zwei weit voneinander entfernte Flächenelemente des Gitters einen Winkel von 8" miteinander bilden. Eine Änderung des Einfallswinkels von 26° um diese 8 Sekunden würde aber eine Spaltbild-Verschiebung verursachen, die, wollte man sie auf Inkonstanz des Gitterintervalles schieben, bereits einer Änderung des Furchenintervalles um $^1/_{13000}$ seines Wertes entsprechen würde.

Trotz des Ergebnisses, daß das Furchenintervall über das ganze Gitter hinweg variiert, bleibt der Verf. bei seiner absoluten Messung der Lichtwellenlängen auf die gebräuchliche praktische Definition angewiesen, daß die Gitterkonstante gleich der Gitterbreite dividiert durch die Anzahl der Furchenintervalle ist. Da der dem Verf. zur Verfügung stehende Komparator den Genauigkeitsansprüchen nicht genügte, so wurde die Breite der Gitter in der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission in Charlottenburg gemessen. Der Abstand der Mitten des ersten und letzten Gitterstriches beträgt bei 17° für G_I 79,0504 *mm*, für G_{II} 78,1629 *mm* mit einer Genauigkeit von etwa $\pm$ 0,0005 *mm*. Damit wird die Gitterkonstante bei 17° für G_I $c = 25344{,}79\ \mu\mu$, für G_{II} $c = 25344{,}65\ \mu\mu \pm 0{,}16\ \mu\mu$. Den Ausdehnungskoeffizienten der beiden Gitter bestimmte der Verf. im Mittel zu 0,00001826.

Bedeutet λ die zu ermittelnde Lichtwellenlänge, m die Ordnungszahl, i den Einfallswinkel und δ den Beugungswinkel, so gilt für $i = 0$

$$m\lambda = c \sin \delta,$$

dagegen bei Benutzung des Spaltokulars im Falle der Autokollimation

$$m\lambda = 2c \sin i.$$

Mit einer einzigen Ausnahme ist stets die letztere Methode angewandt worden, weil hierbei nur der Teilkreis samt dem Spektrometertisch gedreht wird, was ein sicheres und schnelles Arbeiten gestattet. Bei den Messungen wurde immer auf gleich hohe Ordnungen links und rechts eingestellt und das Winkelergebnis halbiert. Eine Kalibration des Teilkreises ist

nicht vorgenommen worden, dafür wurde aber in jeder Messungsreihe der Teilkreis anfangs je sechsmal um 60° gedreht nnd jedesmal wieder gemessen, später wurde er nnr noch einmal um 90° gedreht und dann die Messnng wiederholt.

Beide Gitter weisen „Geister" anf, die jedoch so schwach sind, daß sie dio Hauptspektra nicht stören, und zeigen ferner, daß der ideale Fall, nach dem die Intensität der Spektra mit wachsender Ordnnng abnimmt, beim praktischen Gitter keineswegs zntrifft. Da nun für die Winkelmessungen stets zwei gleiche Ordnungen links nnd rechts benntzt wurden, so schieden aus der großen Zahl der vorhandenen Spektralbilder nur wenige aus, dio wegen ihrer gleich intensiven Bilder links wie rechts gut brauchbar waren. Dieses war, abgesehen von den ersten Ordnungen, dio wegen der zu kleinen Winkel nicht genommen wnrden, der Fall n. a. besonders für die folgenden benutzten Ordnnngen:

G_I;	Hg 546,1;	20.	Ordnung;	annähernd	$i = 12° 27'$
„	„	39.	„	„	$24° 51'$
„	„	53.	„	„	$34° 49'$
„	„	65.	„	„	$44° 27'$
„	„	81.	„	„	$60° 46'$
„	Hg 579,1;	53.	„	„	$37° 16'$
G_{II};	Hg 546,1;	41.	Ordnung;	annähernd	$i = 26° 13'$
„	„	41.	„	„	$\delta = 62° 4'$
„	Hg 579,1;	41.	„	„	$i = 27° 56'$.

Da die Breite der Gitter 79 *mm*, die Öffnnng des Objektivs aber nur 70 *mm* beträgt, so ist bei der Stellung $i = 0$ das Gitter nicht voll mit Licht ausgefüllt, es kommen daher an don beiden Gitterrändern eine Anzahl Furchen nicht zur Geltung. Anch bei der Autokollimation wirken alle Fnrchen erst mit von einem Einfallswinkel von etwa 28° an. Die Resultate lassen indessen keinen Einfluß dieser Unterschiede erkennen. Es sei noch erwähnt, daß für dieselbo Spektrallinie dio Beugungsbilder vorschieden hoher Ordnungen links und rechts keine fokalen Abweichungen zeigten.

Die Spektrometermessungen wurdon bei den bereits oben angeführten Einfallswinkeln vorgenommen. Für dio grüne Hg-Linie 546,1 sind mit G_I sechs Messungsreihen gemacht worden, die den Mittelwert $\lambda = 546{,}0785\ \mu\mu$ (in Luft von 20° C. nnd 760 *mm* Druck) ergeben; die größte Abweichung einer Messungsreihe vom Gesamtmittel beträgt dabei 0,0029 $\mu\mu$; alle 6 Abweichnngen sind aber kleiner als die Fehlereinflüsse von 1" des Winkels i auf λ. Das Gleiche gilt von den fünf mit G_{II} durchgeführten Messungsreihen, deren Mittelwert $\lambda = 546{,}0753\ \mu\mu$ ist mit 0,0035 $\mu\mu$ größter Abweichung. Für die gelbe Hg-Linie 579,1 ist nnr je eine Messnngsreihe vorhanden; G_I ergibt $\lambda = 579{,}0719\ \mu\mu$, G_{II} gibt $\lambda = 579{,}0679\ \mu\mu$. Die Übereinstimmnng kann als vollkommen befriedigend bezeichnet werden, da alle Differenzen innerhalb der möglichen Fehlergrenzen liegen.

Als Endergebnis hat man demnach die beiden Werte $\lambda = 546{,}0769\ \mu\mu$ und $\lambda = 579{,}0699\ \mu\mu$ mit einer Genauigkeit von wenigen tausendstein $\mu\mu$. Nach Fabry und Perot sind bei 20° die bis' auf $\pm 0{,}0003\ \mu\mu$ richtigen Wellenlängen $\lambda = 546{,}0768\ \mu\mu$ und $\lambda = 579{,}0687\ \mu\mu$. Es stimmen also des Verf. Resultate mit denen von Fabry und Perot innerhalb der Genauigkeitsgrenzen überein.

Diese gute Übereinstimmung braucht nun trotz der beträchtlichen Inkonstanz des Furchenintervalles keine zufällige zu sein. Schon Lord Rayleigh hat thooretisch nachgewiesen, daß man trotz großer Schwankungen des Gitterintervalles noch gnte Resultate erhalten kann, sobald keine systematischen Gitterfehler vorkommen. Auch der Verf. gibt von Gans berührende Betrachtungen wieder, aus denen folgt, daß die Größenordnung des Fehlers in der Lage der Beugungsbilder, wenn das ganze Gitter wirkt, n-mal so klein wird, als wenn nur der n-te Teil des Gitters wirkt. Hiernach würde sich auf Grund der oben mitgeteilten Versuche über die Verrückungen der Beugungsbilder eine Genauigkeit von etwa $\pm 0{,}0025\ \mu\mu$ in der Wellenlänge bei Benutznng des ganzen Gitters ergeben, wodurch die gute Übereinstimmnng in den Resultaten erklärt wäre.

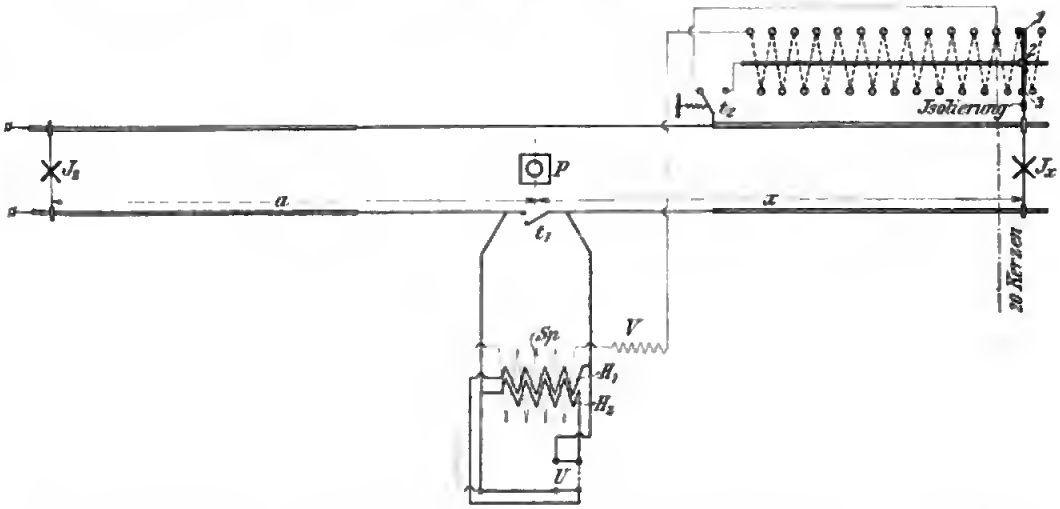
Bekanntlich sind die beiden Hg-Linien 546,1 und 579,1 von Trabanten begleitet, worauf aber in der Arbeit mit keinem Worte hingewiesen wird. Die Wellenlängenunterschiede der Trabanten gegen die Hauptlinie steigen bis zu 0,0232 $\mu\mu$. Die wirksame Breite der einzelnen Komponenten beträgt dagegen nur etwa 0,0020 $\mu\mu$.

Bei der Lektüre der Abhandlung machen sich die vielen Druckfehler gerade in den Zahlenangaben störend bemerkbar. Auch glaubt der Ref. trotz der Druckfehler gefunden zu haben, daß nicht immer nach der Regel: „Der Rechnung nach sollen alle mitgeteilten Ziffern richtig sein“ verfahren worden ist. *Schck.*

Ein neues Photometer.

Von C. Paulus. *Elektrotechn. Zeitschr.* **29.** *S. 166. 1908.*

Von Hyde und Brooks (*Bull. of the Bureau of Standards* **2.** *S. 145. 1906*) ist ein Wattmeter, das den Gesamtwattverbrauch (Effektverbrauch) einer Lampe anzeigt, so abgeändert worden, daß der neue Ausschlag das k-(10-)fache des Wattverbrauchs der Lampe auf 1 Kerze (des spezifischen Effektverbrauchs oder kurz des spezifischen Verbrauchs) anzeigt. Hierbei wird eine gerade Photometerbank zugrunde gelegt, an deren Enden die zu messende Lampe J_x



und die Normallampe fest aufgestellt sind. Der auf der Bank verschiebbare Photometerkopf ist mit einem Kontakt verbunden. Dieser schleift auf einem Zusatzwiderstande zu dem Nebenschluß R des eigentlichen Wattmeters und schaltet von dem Zusatzwiderstand, entsprechend dem Abstande x der zu messenden Lampe vom Photometerkopf, also entsprechend ihrer Lichtstärke J_x, einen solchen Betrag y ein, daß der Gesamtnebenschluß $(R+y)$ der Lichtstärke J_x proportional ist. Da für $J_x = k$ Kerzen $y = 0$ werden muß, so ist $(R+y)/R = J_x/k$, sodaß

$$y = R\left(\frac{J_x}{k} - 1\right). \qquad 1)$$

Auf dem gleichen Prinzip beruht das transportable Glühlamponphotometer der Firma Everett, Edgcumbe & Co. zu London (vgl. die Figur). Bei diesem als „Wattphotometer“ bezeichneten Apparat, dessen Theorie und Beschreibung vom Verf. gegeben werden, stehen der Photometerkopf P (nach Conroy) und die Vergleichslampe J_s fest, während die zu messende Lampe J_x, mit welcher der Gleitkontakt verbunden ist, längs einer Kerzenteilung verschoben wird; durch einen photometrischen Vorversuch wird der Abstand a zwischen P und J_s mittels einer Normallampe von der Lichtstärke J_n, die über den J_s-Kerzenstrich gesetzt wird, eingestellt. Es sei b der Abstand zwischen diesem Striche und P, ferner x der sich bei der Einstellung von J_x ergebende Abstand $J_x P$. Dann ist

$$J_x = x^2 J_n / b^2 = E x^2, \qquad 2)$$

wo $E = J_n/b^2$, also eine Konstante ist; nach Formel 2) ist die Kerzenteilung berechnet. Mithin entspricht nach Gl. 1) der Lichtstärke J_x der Zusatzwiderstand

$$y = R\left(\frac{E x^2}{k} - 1\right). \qquad 3)$$

Gewählt ist der Faktor $k = 20$. Demnach ist für $J_x = 20$ Kerzen $y = 0$, und es muß für höhere Lichtstärken zu R Widerstand zugeschaltet, für kleinere Lichtstärken von R Widerstand abgeschaltet werden. Hyde und Brooks haben aus bestimmten Gründen von einem solchen Abschalten Abstand genommen. Während die letzteren einen kontinuierlichen Zusatzwiderstand konstruierten, beschränkte sich die englische Firma auf eine sprungweise Änderung, und zwar von 0,25 zu 0,25 Kerzen für Lichtstärken unter 10 Kerzen, dagegen von 0,5 zu 0,5 Kerzen für höhere Lichtstärken.

Die ganze Einrichtung ist in einem Kasten untergebracht, der für den Gebrauch seiner Länge nach um die Mitte einer Schmalseite aufgeklappt wird. Der Kontakt besteht aus drei unter sich in leitender Verbindung stehenden Federn. Die mittlere Feder *2* schleift auf einer Kontaktschiene, die beiden äußeren *1* und *3* gleiten über Kontaktklötze, zwischen denen ziekzackförmig der Zusatzwiderstand bis zum Ende der Kerzenteilung (22-Kerzenstrich) angeordnet ist.

Wenn man den Umschaltetaster t_2 nach links legt und den Taster t_1 öffnet, schaltet man den Nebenschluß R des eigentlichen Wattmeters ein, mißt also den Gesamtwattverbrauch, und zwar besteht R aus dem Widerstande Sp der Spannungsspule[1]), dem Vorschaltwiderstand V und dem im Ziekzaek bis zum Kerzenstrich 20,0 geführten Zusatzwiderstand (V'). Legt man t_2 nach reehts und öffnet gleiehzeitig t_1, so wird statt (V') der bis zum Kontakt reichende Zusatzwiderstand eingeschaltet; man erhält dann also den spezifisehen Verbraueh, wenn man die Ablesung dureh 20 dividiert.

Zum Schlusse berichtet Panins über Versuehe, die er im Laboratorium der Elektrizitätswerke zu München in der Weise anstellte, daß er 5 Lampen bei 110 Volt zunächst auf einer geraden Präzisions-Photometerbank unter Benutzung eines Präzisions-Volt- und -Amperemeters, sodann mittels des Wattphotometers maß. Die Lichstärken stimmten in beiden Fällen gut überein. Dagegen ließ die Genauigkeit des Wattmeters, zum Teil infolge mangelhafter Abgleichung des Zusatzwiderstandes, zu wünschen übrig.

In der besprochenen Ausführung ist der Apparat zur ungefähren Naehprüfung von Glühlampen an ihrem Verwendungsorte bestimmt. Verf. empfiehlt, aueh in Deutschland das von Hyde und Brooks angegebene Meßprinzip anzuwenden. *E. Lb.*

Über den Gebrauch einer veränderbaren gegenseitigen Induktion.

Von A. Campbell. *Phil. Mag.* **15**. *S. 155. 1908.*

Zur Messung von Induktionskoeffizienten werden in der Regel Normalrollen der *Selbst*-Induktion oder entsprechende Variatoren der *Selbst*-Induktion benutzt. Campbell schlägt nun vor, statt dessen die *gegenseitige* Induktion zweier Spulen zu wählen.

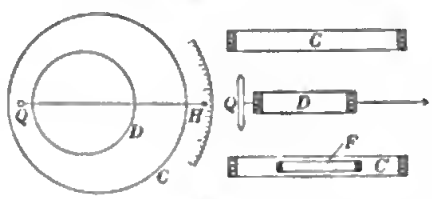


Fig. 1.

Sein Apparat besteht aus zwei einander gleichen koaxialen Primärspulen CC' (Fig. 1), die in Reihe geschaltet sind, und zwar derart, daß die Windungsrichtung in beiden Spulen parallel ist. Der sekundäre Kreis besteht aus zwei in Reihe geschalteten Spulen, von denen die eine F innerhalb von C' fest angeordnet ist, während die andre D exzentrisch um die Achse Q drehbar ist. An einem Zeiger H kann die Stellung der Spule D abgelesen werden.

[1]) H_1 und H_2 sind die beiden Hauptstromspulen des Wattmeters, U ist ein Umschalter zum Parallel- und Hintereinanderschalten von H_1 und H_2.

Die Spulen CC' bestehen aus 10 Wicklungen derart, daß der gegenseitige Induktionskoeffizient jeder dieser Wicklungen und der sekundären Spule F 0,1 Millihenry beträgt. Die zehn Wicklungen können mittels einer Kurbel allmählich in Reihe geschaltet werden. Der gegenseitige Induktionskoeffizient einer Spule C und der beweglichen Spule D beträgt je nach der Stellung von D — 0,002 bis 0,11 Millihenry. Der Apparat umfaßt also im ganzen den Meßbereich von 0 bis 1 Millihenry.

Es werden folgende Anwendungen gegeben:

A. *Messung einer unbekannten gegenseitigen Induktion.* Primärkreise der unbekannten Spulen und des Variators werden in Serie geschaltet, ebenso die Sekundärspulen; letztere derart, daß die induzierten elektromotorischen Kräfte entgegengesetzt gerichtet sind. Der Variator wird so lange gedreht, bis der Strom im sekundären Kreise Null ist. Dann liest man am Variator die gesuchte gegenseitige Induktion direkt ab.

B. *Messung von Selbstinduktionen.* Die Schaltung geht ohne weiteres aus Fig. 2 hervor. Die Bedingung für Verschwinden des Brückenstroms lautet

$$w_1 w_4 = w_2 w_3$$
$$w_4 (L_1 + M) = w_3 (L_2 - M).$$

Macht man $w_3 = w_4$, so folgt

$$L_2 - L_1 = 2\,M.$$

Diese Anordnung eignet sich zur Messung kleiner Selbstinduktionen. Zu dem Zwecke bringt man in Zweig 2 zunächst eine Ballastinduktion, die gleich L_1 ist. Wird jetzt die zu messende kleine Selbstinduktion in Zweig 2 hinzugefügt, so ist sie gleich der Einstellung

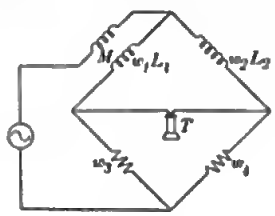


Fig. 2.

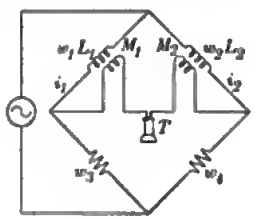


Fig. 3.

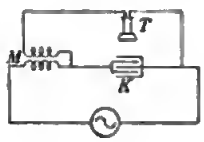


Fig. 4.

$2\,M$ des Variators. Ist die Ballastinduktion nicht genau gleich L_1, so macht man eine Einstellung vor, eine andre nach Hinzufügen der unbekannten Spule und bildet die doppelte Differenz der zugehörigen gegenseitigen Induktionen.

C. *Vergleich zweier ungleicher gegenseitiger Induktionen.* Das Schaltungsschema geht aus Fig. 3 hervor. Wird auf Stromlosigkeit der Brücke eingestellt, so bleibt, da die Sekundärwicklungen stromlos sind, die Bedingung

$$L_1 : L_2 = w_1 : w_2 = w_3 : w_4$$

erhalten.

Dazu tritt die Bedingung $M_1 i_1 = M_2 i_2$, und, da $i_1 : i_2 = w_3 : w_4$ ist,

$$w_4 M_1 = w_3 M_2,$$

d. h. der Vergleich der gegenseitigen Induktionen erfolgt durch zwei Widerstände (von denen keiner eine Kupferdraht-Spule enthält).

D. *Messung einer Kapazität K.* Fig. 4 zeigt die Schaltung, die an die Schaltung eines Kompensationsapparates erinnert. Bedingungsgleichung für Nullstrom der Abzweigung ist: $\omega^2 M K = 1$, wo ω gleich $2\pi \times$ Frequenz des Wechselstroms bedeutet. Diese Bedingung entspricht der bekannten Resonanzgleichung. Die Methode kann nur zur Messung großer Kapazitäten benutzt werden, sofern man nicht sehr hohe Frequenzen anwendet.

E. O.

Bücherbesprechungen.

Handbuch für Küstenvermessungen. Hrsg. vom Reichs-Marineamt. In 2 Bdn. Lex. 8°. Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1906. Geb. 5 M.

I. Bd. VIII, 332 S. Text m. 5 Taf.; II. Bd. VI, 138 S. Zahlentafeln.

Eine Anleitung zur Ausführung von Küstenvermessungen war bisher in deutscher Sprache nicht vorhanden; das Reichs-Marineamt füllt mit diesem Handbuch die Lücke aus. Es soll nicht Abschnitte aus astronomischen, geodätischen oder hydrographischen Lehrbüchern aufs neue behandeln, sondern „lediglich zeigen, wie Vermessungen auszuführen sind, die die Unterlage für eine brauchbare Seekarte bilden sollen". Damit sind auch die Arbeitsmethoden, besonders in Beziehung auf Genauigkeit und auf die Ausdehnung der Arbeiten, fixiert. Auf die sog. flüchtigen Vermessungen ist nicht eingegangen.

Das Buch ist „für den Gebrauch in der Front geschrieben", und es sind sowohl die Erfahrungen auf den Vermessungsschiffen als die beim Vermessungskursus der Seeoffiziere verwertet. Die einzelnen Abschnitte sind bearbeitet von Kap.-Leut. Schmidt (Instrumente, Vorbereitung, Triangulierung, Auftragen), Kap.-Leut. Kurtz (Höhenmessung, Geländeaufnahmen), Admiralitätsrat Dr. Börgen (Gezeiten), Prof. Dr. Stechert (Astronomische Ortsbestimmung), Prof. Stück (erdmagnetische Messungen).

Von *Instrumenten* sind näher beschrieben ein kleines Universal (11½ *cm* Kreisdurchmesser) mit Kästchenbussole für geodätischen Gebrauch, ein größerer Mikroskoptheodolit, ein kleines „astronomisches" Universal mit Talcott-Libelle; sodann einige erdmagnetische Instrumente, Deklinatorium, magnetischer Reisetheodolit; endlich Heliotrope und die photographische Ausrüstung. Eine kurze Theorie und Anleitung zur Berichtigung der geodätischen und „astronomischen" Vermessungsinstrumente folgen. Im Abschnitt V wird die Bestimmung der Uhrkorrektion und der Polhöhe zunächst durch Messen von Zenitabständen einzelner Sterne in der Nähe des I. Vertikals und des Meridians gezeigt, sodann erläutert Stechert ziemlich ausführlich seine bekannten Methoden und schönen Hülfseinrichtungen für die Ermittlung der Uhrkorrektion und der Breite durch Beobachtung *gleicher*, nicht gemessener Zenitabstände von Sternen gegen Ost und West und gegen Süd und Nord. Die Längenunterschiede werden ausschließlich durch Zeitübertragung mittels Chronometers bestimmt, das Azimut eines terrestrischen Zielpunkts durch Messung der Horizontalwinkel zwischen den zwei Sternen eines symmetrisch zum Meridian stehenden Paars und dem terrestrischen Punkt.

Zur Triangulierung (Abschnitte VI und VII) wird die „Basis" mit dem Meßband, mit dem (großen) Telemeter oder endlich „astronomisch" (Polhöhen und Azimute in den Endpunkten) gemessen; sie kann auch *gebrochen* sein, einen Zug bilden, wobei für Meßbandmessung die Zugseiten nicht unter 200 *m* lang sein sollen und die Brechungswinkel mit dem kleinen Universal gemessen werden. Das (große) Telemeter gestattet nur Entfernungen über 500 *m* abzulesen; man soll aber bei Messung der Grundlinie die Teilstrecken auch nicht über 800 *m* lang nehmen, wegen der beim Wachsen der Entfernung rasch sich vergrößernden Messungsfehler. Die weiteren Triangulationsarbeiten bis zur Ableitung der geographischen Positionen der Dreiecksspunkte sind ziemlich eingehend behandelt, kurz die trigonometrische Höhenbestimmung, z. T. nur andeutend barometrische Höhenmessung und Nivellieren. Die Gelände- (topographische) Aufnahme hat 1. die Aufgabe der Lagebestimmung von Landmarken (und Lotpunkten) außerhalb der Triangulationsstationen und 2. die Aufgabe der eigentlichen Geländeaufnahme, bei der die Strandlinie mit die wichtigste Rolle spielt. Angewandt werden das Telemeter, dann besonders Polygonzüge, und zwar Tachymeterzüge mit dem kleinen Universal und, diesem „vorzuziehen" (stets?), Züge mit dem Quintanten und dem kleinen Telemeter, das auch Entfernungen unter 500 *m* zu messen gestattet, bei dessen Anwendung aber der Vorteil der Züge mit dem Tachymetertheodolit verloren geht, zugleich mit der Lagebestimmung auch die Höhenunterschiede zu erhalten. Der X. Abschnitt behandelt die Gezeitenbeobachtungen, besonders im Sinn der Beschickung von Lotungen auf gemeinsames Meeresniveau; Abschnitt XI lehrt die Lotungen ausführen, XII Auftragen der Arbeits-

karte, XIII Segelanweisungen, Namengebung, Photographische Aufnahmen, Vertonnungen, XIV Bestimmung der erdmagnetischen Elemente mit dem Bamhergschen Reisetheodolit.

Der zweite Band enthält Zahlentafeln, I bis VII für die „astronomischen" Bestimmungen, VIII Zentrierungsrechnungen (für die vorliegenden Zwecke wären diese Tafeln bequem durch eine graphische Tafel oder durch einen Rechenschieber zu ersetzen), IX zur Berechnung der geographischen Koordinaten aus der Triangulierung, X zur trigonometrischen, XI zur barometrischen Höhenmessung (für die Tropenzone), XII und XIII zur Kartierungsarbeit, XIV und XV zu den erdmagnetischen Messungen.

Nicht nur alle, die berufsmäßig mit der Herstellung von Seekarten zu tun haben, sondern auch „Land"-Topographen werden Nutzen aus dem Werk ziehen. *Hammer.*

J. D. van der Waals, Lehrbuch der Thermodynamik in ihrer Anwendung auf das Gleichgewicht von Systemen mit gasförmig-flüssigen Phasen. Nach Vorlesungen bearb. v. Dr. Ph. Kohnstamm. I. Tl. gr. 8°. XII, 287 S. Leipzig u. Amsterdam, Maas & van Suchtelen 1908. Geb. in Leinw. 12 M.

Der vorliegende erste Band bringt zunächst die beiden Hauptsätze, ihre Anwendung auf homogene und heterogene Körper, dann das allgemeine Gleichgewichtsprinzip und seine Anwendungen und schließlich die thermodynamische Theorie der Kapillarität. Es wird von anderen Lehrbüchern der Thermodynamik vielleicht an logischer Strenge in der Darstellung übertroffen, doch überragt es wohl alle durch eine Anschaulichkeit, welche den Stoff dem Fühlen des Lesers nahebringt, ohne jemals in den Fehler der Weitschweifigkeit zu verfallen. Die ausgiebige Benutzung geometrischer Überlegungen, z. B. der Gibbsschen Flächen, hängt aufs engste damit zusammen, und sie wird unterstützt dadurch, daß vielfach die Zustandsgleichung nicht als eine beliebige Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur, sondern in der speziellen Form der van der Waalsschen Gleichung angewandt wird. Das Buch kann als außerordentlich anregend und angenehm zu lesen aufs wärmste empfohlen werden. *M. Laue.*

Neues Preisverzeichnis von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam.

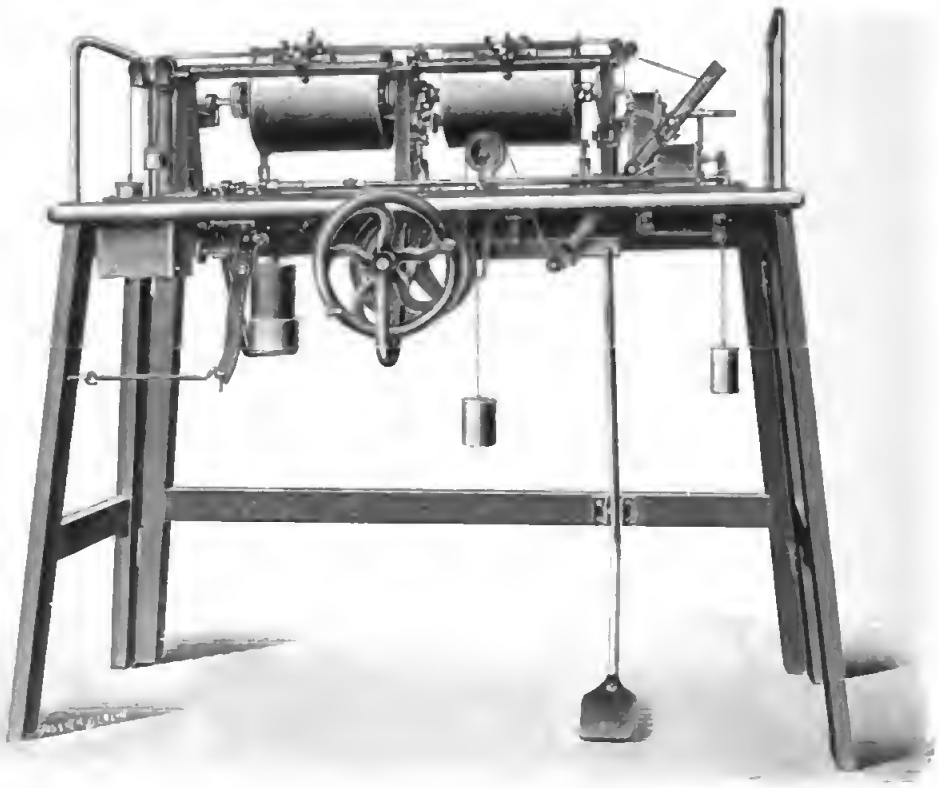
Preisliste über erdmagnetische Variations-Instrumente, Registrier-Apparate u. Hülfs-Instrumente. gr. 8°. 71 S. m. 30 Fig.

Von der Firma Otto Toepfer & Sohn, Werkstätten für wissenschaftliche Instrumente in Potsdam, liegt ein neuer Spezialkatalog über erdmagnetische Variationsinstrumente und dazu gehörige Hülfsapparate vor, welcher eine Besprechnung an dieser Stelle wohl verdient. Der neue Katalog unterscheidet sich nach Inhalt ebensowohl als nach äußerer Form wesentlich von den früheren. Vom Inhalt ist in erster Linie die instrumentelle Einrichtung der neuen, am Seddiner See, 13 km südlich von Potsdam, gelegenen Hülfsstation des Potsdamer magnetischen Observatoriums zu erwähnen. Sowohl der neue Registrierapparat als auch die Variationsinstrumente der Seddiner Station sind nach den Entwürfen des Vorstehers des Potsdamer magnetischen Observatoriums, Hrn. Prof. Dr. Ad. Schmidt, gebaut, von diesem auch bereits in dieser Zeitschrift eingehend besprochen worden, worauf hier verwiesen sei[1]). Es soll nur erwähnt werden, daß außer dem großen Seddiner Registrierapparat im Katalog noch solche von gleicher Art aufgeführt sind, die statt der 4 Registrierzylinder nur deren 3 bezw. 1 besitzen, die also für einfachere Verhältnisse geeignet sein werden. Ferner sind auch die massiven Untersätze mit Kreuztisch und Höhenstellung durch Zahn und Trieb, auf denen die Seddiner Instrumente stehen, im Kataloge noch besonders aufgeführt. Bei ihnen ist die Ermöglichung der Feinverstellung der Instrumente in vertikaler Richtung besonders von Wichtigkeit. Natürlich ist ihre Verwendbarkeit nicht auf diese speziellen Zwecke

[1]) Ein neuer Apparat zur photographischen Registrierung und gleichzeitigen Skalenbeobachtung, *diese Zeitschr. 26. S. 269. 1906.* — Die magnetischen Variationsinstrumente des Seddiner Observatoriums, *diese Zeitschr. 27. S. 137. 1907.*

beschränkt, vielmehr werden sie in anderen ähnlichen Fällen in physikalischen Laboratorien u. s. w. mit Vorteil benutzt werden können.

Aus dem Kataloge sind weiter zwei neue Apparate zu erwähnen, welche für die *Verarbeitung* magnetischer und ebenso auch anderer wissenschaftlicher Registrierungen von besonderer Bedeutung sind. Es ist ein *Planimeter* zur Bestimmung der mittleren Ordinaten beliebiger Kurvenstücke und ein *Pantograph* zum Umzeichnen von Kurven bei unabhängiger Änderung des Maßstabes in Abszissen- und Ordinatenrichtung. Beide Apparate sind ebenfalls nach Entwürfen von Hrn. Prof. Dr. Ad. Schmidt hergestellt worden, der zweite unter wesentlicher Mitwirkung von Hrn. Dr. Luyken, der die praktische Durchführung der Konstruktion des ersten (für das Bureau der Deutschen Südpolar-Expedition bestimmten) Exemplars des



Apparates geleitet hat. Das Planimeter ist in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 261. 1905* schon ausführlich beschrieben worden, sodaß hier ebenfalls nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht.

Die Aufzeichnungen der magnetischen Registrierapparate unterscheiden sich in den Längen der Stunden und in der Empfindlichkeit noch immer so sehr voneinander, daß eine direkte Vergleichung von Kurven verschiedener Orte der Erde sehr erschwert ist. Der Kurvenpantograph hilft diesem Übel ab, indem er, wie schon erwähnt, ein Umzeichnen von Kurven bei unabhängiger Änderung des Maßstabes in Abszissen- und Ordinatenrichtung erlaubt. Seine Einrichtung ist, kurz geschildert, die folgende.

Zwei um ihre horizontal gerichteten Längsachsen drehbare Zylinder (vgl. die Figur) dienen zur Aufnahme der umzuzeichnenden Registrierung und des Blattes für die transformierte Kurve; sie können mit einem Uhrwerk in Verbindung gebracht werden, das sie in Rotation versetzt. Die Änderung des Abszissenverhältnisses ist dadurch ermöglicht worden, daß der eine Zylinder verschiebbar in der Richtung seiner Längsachse gemacht wurde. Dadurch kann eine mit seiner Achse fest verbundene Trommel längs des Durchmessers einer durch das Uhrwerk getriebenen Friktionsscheibe mit vertikaler Achse verschoben werden; die Winkel-

Digitized by Google

geschwindigkeit der Trommel nnd damit die des Zylinders (also auch die Abszissenlänge) ist dann linear abhängig von der Entfernung der Trommel vom Scheibenzentrum.

Zwei Wagen mit Fahrstift bezw. Feder lassen sich auf Laufschienen den Zylindern entlang führen. Sie können an zwei feine Chronometerketten festgeklemmt werden, welche parallel mit den Schienen nach der Vorrichtung zur Änderung des Ordinatenverhältnisses laufen. Diese Vorrichtung wird durch zwei Skalen mit gleicher Teilung gebildet, von denen die eine vertikal und fest steht, die andere ein um eine horizontale Achse drehbarer Hebel ist. Von den beiden Chronometerketten ist nun die eine zu dem oberen Ende der beweglichen Skale geleitet, die andere geht über einen auf der festen Skale beweglichen Gleitschuh zu einem gleichen auf dem drehbaren Arm. Stellt man die beiden Gleitschuhe auf dieselbe Stelle ihrer Skalen ein, so ist das Kettenstück zwischen ihnen parallel mit dem Teil der anderen Kette, der zwischen den oberen Enden der beiden Skalen verläuft. Im selben Verhältnis, in welchem die Längen dieser parallelen Kettenstücke stehen, stehen nun bei einer Bewegung des Hebels auch die Verschiebungen, welche die Wagen mit Fahrstift und Zeichenfeder erfahren, mithin auch die Ordinaten von Originalkurve und Kopie. Die Bewegung des Hebels und der Wagen geschieht durch Drehen eines an fester Achse sitzenden massiven Handrades, dessen Durchmesser so gewählt ist, daß der Zeichner mit beiden Händen anfassen kann. Die Führung ist dadurch einfach und sehr sicher gemacht Wegen der Einzelheiten sei auf die ausführliche Beschreibung des Apparates hingewiesen, die in dieser Zeitschrift demnächst erfolgen soll.

Außer den hier genannten Instrumenten und Apparaten enthält der neue Katalog vorwiegend die schon im früheren Verzeichnis angeführten, so die Eschenhagenschen Variometer, eine Vorrichtung zum Schutz und zur bequemen Auswechslung von Aufhängefäden (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 268. 1904*) einen Apparat zur Bestimmung des Induktionskoeffizienten von Magneten (Eschenhagen), einen solchen für die Temperaturkoeffizienten-Messung, Skalenfernrohre in verschiedener Montierung, Registriereinrichtungen. Unter den letzteren mag ein Bronzelager für drei hinter einander aufzustellende Magnetometer hervorgehoben werden. Die Magnetometer stehen auf Kreuztischen mit Höhenstellung durch Zahn und Trieb, lassen sich also längs des Bronzelagers und in der Richtung senkrecht dazu verschieben und außerdem heben und senken. Die Aufstellung einer Registriereinrichtung wird sich mit Hülfe dieses Lagers sehr rasch bewirken lassen, da der Ort jedes Instrumentes auf dem Lager vorher bestimmt werden kann. Ferner ist eine aus Registrierapparat und einem Magnetometer bestehende Einrichtung für das Polargebiet aufgeführt, bei welcher die für höhere Breiten zweckmäßige geringere Empfindlichkeit des Instrumentes durch Verringerung der Entfernung zwischen Instrument und Registrierzylinder (auf etwa 57 *cm*) erreicht wird.

Hinsichtlich der äußeren Gestalt zeichnet sich der neue Katalog durch große Übersichtlichkeit aus. Der Inhalt ist in Abschnitte geteilt, ferner stehen Abbildung eines Instrumentes und der dazugehörige Text auf getrennten Seiten, sie beengen sich also nicht gegenseitig.

Der Text ist in drei Sprachen abgefaßt, in Deutsch, Englisch und — *Esperanto*. Daß die Firma diese, jetzt kräftig sich ausbreitende internationale Sprache, dem Beispiel vieler englischer und französischer Firmen folgend, aufgenommen hat, darf man ihr zum Verdienst anrechnen, denn durch derartige praktische Anwendung gibt man der Sprache die Möglichkeit, ihre Leistungsfähigkeit zu erweisen. *Brückmann.*

Neu erschienene Bücher.

Aus Natur u. Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellgn. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Jedes Bdchn. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

197. G. Kowalewski, Einführung in die Infinitesimalrechnung, m. e. historischen Übersicht. IV, 126 S. m. 18 Fig. im Text. 1908.

H. Burkhardt, Funktionentheoretische Vorlesungen. 1. Bd., 2. Heft. Einführung in die Theorie der analyt. Funktionen e. komplexen Veränderlichen. 3., durchgesch. u. verm. Aufl. gr. 8°. XII, 262 S. m. Fig. Leipzig, Veit & Co. 1908. 7 M.; geh. in Leinw. 8 M.

A. F. Holleman, Lehrbuch der Chemie. Autoris. deutsche Ausg. Lehrbuch der organ. Chemie f. Studierende an Universitäten u. techn. Hochschulen. 6., verb. Aufl. gr. 8°. X, 496 S. m. Abbildgn. Leipzig, Veit & Co. 1908. Geh. in Leinw. 10 M.

O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. IV. Bd. Die Lehre von der Elektrizität. Übers. v. H. Pflaum. 1. Hälfte. gr. 8°. XII, 916 S. m. 336 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1908. 16 M.; geh. in Halbfrz. 18 M.

H. Hager, Das Mikroskop u. seine Anwendung. Handbuch der prakt. Mikroskopie u. Anleitung zu mikroskop. Untersuchungen. Nach H.'s Tode vollständig umgearb. u. in Gemeinschaft m. O. Appel, G. Brandes, Th. Lochte neu hrsg. v. Prof. Dr. C. Mez. 10., stark verm. Aufl. gr. 8°. XII, 444 S. m. 463 Fig. Berlin, J. Springer 1908. Geb. in Leinw. 10 M.

H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 4. Bd. Lex. 8°. XIX, 1248 S. m. 137 Fig. u. 1 Taf. Leipzig, S. Hirzel 1908. 72 M.; geh. 76 M.

Sammlung Schubert. 8°. Leipzig, G. J. Göschen.

V. H. Schubert, Niedere Analysis. 1. Tl. Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechng., Kettenbrüche u. diophant. Gleichgn. 2. Aufl. IV, 181 S. 1908. Geb. in Leinw. 3,60 M — XVIII. S. Günther, Geschichte der Mathematik. 1. Tl. Von den ältesten Zeiten bis Cartesius. VII, 427 S. m. 56 Fig. 1908. Geb. in Leinw. 9,60 M.

Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. Hrsg. v. M. Cantor. IV. Bd. Von 1759 bis 1799. Lex. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

4. Lfg. Abschn. XXVI. G. Vivanti, Infinitesimalrechnung. S. 643—882. 1907. 7 M. — 5. Lfg. Abschn. XXVII. C. R. Wallner, Totale u. partielle Differentialgleichungen. Differenzen- u. Summenrechnung. Variationsrechnung. — Abschn. XXVIII. M. Cantor, Überblick über die Zeit von 1758 bis 1799. VI u. S. 883—1113. 1908. 6,80 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Neue Aufl. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

25. G. Galilei, Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige; die Mechanik u. die Fallgesetze betr. Arcetri, 6. III. 1638. Anh. zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, m. 23 Fig. im Text. Aus dem Ital. u. Lat. übersetzt u. hrsg. von A. v. Oettingen. Mit Inhaltsverzeichnis zum 3. bis 6. Tag. 2., unveränd. Abdr. 66 S. 1908. Kart. 1,20 M.

H. Kayser, Lehrbuch der Physik für Studierende. 4., verb. Aufl. Lex. 8°. X, 525 S. m. 344 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1908. 10 M.; geb. in Leinw. 11,40 M.

E. W. Maunder, *Astronomy of the Bible.* 8°. 426 S. London 1908. Geh. in Leinw. 5,20 M.

E. J. Borg, *Electrical Energy.* 8°. Mit Fig. London 1908. Geh. in Leinw. 10,80 M.

N. H. Schneider, *Electrical Instruments and Testing.* 3. Ausg. 8°. Mit Fig. London 1908. Geb. in Leinw. 4,80 M.

***Observatoires** astronomiques et les Astronomes.* Hrsg. v. P. Stroobant, J. Dolvosal, H. Philippot u. A. 8°. 323 S. m. 1 Taf. Brüssel 1907.

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw., jedes Bdchn. 0,80 M.

253. H. Danneel, Elektrochemie. II. Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden. Leitfähigkeit, Lösungen. 158 S. m. 26 Fig. u. mehreren Tabellen. 1908.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher u. Ärzte. 79. Versammlg. zu Dresden. 15.—21. IX. 1907. Hrsg. im Auftrage des Vorstandes u. der Geschäftsführer v. A. Wangerin. Lex. 8°. Leipzig, F. C. W. Vogel.

1. Tl. Die allgemeinen Sitzungen, die Gesamtsitzung beider Hauptgruppen u. die gemeinschaftlichen Sitzungen d. naturwissenschaftl. u. d. medizin. Hauptgruppe. III, 313 S. m. 5 Abbildgn. u. 1 Taf. 1908. 4 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **August 1908.** Achtes Heft.

Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf elektrische Widerstände.

Von

St. Lindeck in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In dem Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1907 (*diese Zeitschr. 28. S. 151. 1908*) ist bereits auf die sehr wichtigen Beobachtungen hingewiesen worden, die Rosa und Babcock an *Draht*-Widerständen nach dem Modell der Reichsanstalt im *Bureau of Standards* in Washington angestellt haben[1]).

Bei der häufigen Kontrolle der Widerstände von Wolffschen *Widerstandskästen*, welche Rosa und Dorsey im Verlaufe ihrer ausgedehnten Untersuchung „*A new determination of the ratio of the electromagnetic to the electrostatic unit of electricity* (*Bull. Bureau of Standards 3. S. 433. 1907*) vornahmen, hatte sich nämlich ergeben, daß die Widerstände bei gleicher Temperatur im Sommer um 0,015 bis 0,025 % höhere Werte hatten, als im Winter, und daß der Anstieg im Frühjahr und das Zurückgehen im Herbst ganz allmählich erfolgten. Diese auffällige Tatsache gab den Hrn. Rosa und Babcock Veranlassung zu einem systematischen Studium der Erscheinung.

Es stellte sich heraus, daß die *Hygroskopizität* des bei der Herstellung der Widerstände verwendeten *Schellacks* die Erscheinung verursacht[2]). Bei den Draht-Widerständen der Reichsanstalt[3]) wird bekanntlich der mit Seide isolierte Draht auf ein Metallrohr aufgewickelt; zur Erzielung einer guten Isolation wurde das Rohr vor dem Aufwickeln des Drahtes anfangs nur mit Schellackiösung gestrichen; später hielt man es aus dem angegebenen Grunde für ratsam, die Spule mit einem Stück schellackierten Seidenzeuges zu bekleben. Nach dem Aufwickeln des Drahtes wird die ganze Spule nochmals lackiert und dann zur Alterung längere Zeit (etwa 10 Stunden) bei 140° C. getrocknet.

---

[1]) E. B. Rosa und H. D. Babcock, *The variation of manganin resistances with atmospheric humidity. The Electrician 59. S. 339. 1907.* Dieselben, *The variation of resistances with atmospheric humidity. Bull. Bureau of Standards 4. S. 121. 1907.*

[2]) Daß Schellack Wasser aufnimmt, ist durch Warburg und Ihmori und durch letzteren allein nachgewiesen worden (*Wied. Ann. 27. S. 506. 1886*; *31. S. 1006. 1887*). Vor langen Jahren wurden deshalb in der Reichsanstalt Versuche darüber angestellt, wie hoch der *Isolationswiderstand* bei schellackierten Widerstandsspulen nach dem Modell der Reichsanstalt ist, wenn sie bis zu 2 Monaten in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft waren. Die Spulen waren bifilar gewickelt, und der Draht war dann in der Mitte durchgeschnitten, sodaß die Isolation der beiden Hälften gegen einander und die von jeder Hälfte gegen die mit Seide beklebte Metallspule gemessen werden konnte. Die damals erhaltenen Resultate (vgl. *diese Zeitschr. 14. S. 278. 1894*) waren so zufriedenstellend, daß sie sehr zugunsten der Verwendung von Schellack als Isolationsmittel sprachen.

[3]) K. Feußner, *diese Zeitschr. 10. S. 6. 1890.*

Nach Rosa und Babcock hat man sich die periodischen Widerstandsänderungen so zu erklären, daß bei zunehmender relativer Luftfeuchtigkeit der Schellack, insbesondere der *zwischen* Draht und Metallrohr befindliche Lack, quillt; der Durchmesser der Unterlage, auf die der Draht gewickelt ist, wächst, und infolge der hierbei auftretenden Kräfte wird der Widerstandsdraht elastisch gedehnt, sodaß der Widerstand zunimmt; bei abnehmender Feuchtigkeit gibt der Schellack seinerseits Feuchtigkeit ab und schrumpft zusammen; der Druck auf den Draht läßt nach, und der Widerstand nimmt wieder ab. Da aber im Winter, namentlich in geheizten Räumen, die relative Feuchtigkeit im ganzen Jahr am niedrigsten ist, im Sommer aber in den Laboratorien angenähert die hohe atmosphärische Luftfeuchtigkeit herrscht, so ist die Erscheinung vollkommen verständlich. Übrigens ist die erwähnte Änderung des Durchmessers, worauf Rosa und Babcock aufmerksam machen, außerordentlich klein: eine Widerstandsänderung der Spule eines Wolffschen Kastens um $0{,}02_5$ % (s. o.) läßt sich, da ihr Durchmesser 2 *cm* beträgt, durch eine Änderung dieses Durchmessers um etwa 0,003 *mm* erklären. Daß die vorstehende Erklärung richtig ist, wurde auf Anregung von Hrn. Warburg durch einen direkten Versuch bestätigt. Eine Widerstandsspule wurde so eingerichtet, daß mittels einer Druckpumpe von innen ein Druck bis zu 60 Atm. auf das Messingrohr und somit auf die Drahtwicklung ausgeübt werden konnte; es zeigte sich, daß die Widerstandsänderungen dem Druck genau proportional waren, und daß der Draht den Durchmesseränderungen des Rohres vollständig elastisch folgte. Bei einer Wandstärke des Messingrohres von 0,5 *mm* (bei 2 *cm* Durchmesser) brachte eine Druckänderung von 1 Atm. eine Widerstandsänderung von $7 \cdot 10^{-6}$ hervor. *Vielleicht läßt sich hierauf eine Methode zur Messung hoher Drucke gründen.*

Die amerikanischen Veröffentlichungen beziehen sich, soweit die Einwirkung der *atmosphärischen* Feuchtigkeit in Frage kommt, bisher nur auf Widerstandskästen; es wäre sehr erwünscht, wenn auch über die periodischen Änderungen von *Normalwiderständen* in dem Klima von Washington noch Messungen mitgeteilt werden würden. Tatsächlich ergaben die langjährigen Erfahrungen der Reichsanstalt, daß bei den jetzigen Modellen Normalwiderstände konstanter sind, als die Spulen von Widerstandskästen.

Des weiteren ist nach der angegebenen Erklärung ersichtlich, daß die *hohen* Widerstände, die aus dünnem Draht gewickelt sind, die Erscheinung am stärksten zeigen müssen, da der dünne Draht den auf ihn ausgeübten Drucken leichter nachgeben wird, als dicker Draht. Die wichtigsten Widerstände von 1 und 10 Ohm, die zur Ableitung aller übrigen Werte dienen, zeigen die Erscheinung jedenfalls in außerordentlich geringem Maße; in dem Charlottenburger Klima dürfte die Amplitude der Änderungen bei Normalen von 1 und 10 Ohm etwa 0,001 bis 0,002 % betragen (vgl. weiter unten).

Rosa und Babcock haben ihre Versuche ferner auf Spulen ausgedehnt, die sie in abgeschlossenen Gefäßen beliebig regulierbaren Feuchtigkeitsgraden aussetzten. Es zeigte sich, daß dann in wenigen Tagen ganz erhebliche Widerstandsänderungen (mehrere hundertstel Prozent) hervorgerufen werden konnten, immer in dem oben angegebenen Sinne, wenn man z. B. eine Spule, die längere Zeit auf 25 % Feuchtigkeit gewesen war, plötzlich mehrere Wochen auf 80 % brachte. Natürlich unterliegen dann auch Normalwiderstände in erheblichem Maße dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit. Doch sind dies eben extreme, zum Studium der Einwirkung absichtlich hervorgerufene Bedingungen, denen *Normale* im wirklichen Gebrauch nicht ausgesetzt sein dürfen, ebenso wie man sie vor extremen Temperaturschwankungen schützen wird.

Als wichtige Ergebnisse der Untersuchungen von Rosa und Babcock sind noch zu erwähnen:

1. daß Manganin-Spulen, und zwar solche von hohem Widerstand, die lange Zeit in Luft von nahezu konstanter Feuchtigkeit aufbewahrt wurden, eine bemerkenswerte Konstanz zeigten;

2. daß das Eintauchen in reines Petroleum die Spulen keineswegs vor dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit schützt;

3. daß lackierte Holzspulen sich außerordentlich ungünstig verhalten; darauf gewickelte Manganin-Drähte zeigten bei gar nicht sehr großen Feuchtigkeitssprüngen (von 30 % auf 65 %) Widerstandsänderungen bis zu 0,4 %[1]).

Um die Widerstände dem Feuchtigkeits-Einfluß zu entziehen, gaben Rosa und Babcock zwei Mittel an. Einmal hat sich das Überziehen der Widerstände mit einer dünnen Paraffinschicht (durch Eintauchen der Spulen in geschmolzenes, hartes Paraffin) als ein sehr wirksamer Schutz erwiesen, sodaß man die Spulen in Widerstandskästen, Kompensationsapparaten, Meßbrücken (auch nachträglich noch) leicht schützen kann[2]).

Dann wurde im *Bureau of Standards* ein besonderes Modell für Einzelwiderstände konstruiert, das sich, von den kleineren Abmessungen abgesehen, von dem Modell der Reichsanstalt nur dadurch unterscheidet, daß die Widerstandsspule sich in einem *luftdicht abgeschlossenen* Gefäß befindet, das mit trockenem, reinem Petroleum vor dem Verschließen gefüllt wird.

Nach Messungen, die an solchen Büchsen in der Reichsanstalt vorgenommen worden sind (vgl. auch *diese Zeitschr. 28. S. 153. 1908*), unterliegt es keinem Zweifel, daß man auf diese Weise sehr konstante Widerstände erhält; indessen wird es der Erfahrung von mehreren Jahren bedürfen, bevor man über die Zweckmäßigkeit des vorgeschlagenen Modells sich ein endgültiges Urteil bilden kann.

Im folgenden soll über die Messungen und Untersuchungen berichtet werden, die auf die erste Veröffentlichung von Rosa und Babcock hin in der Reichsanstalt mit dem Zwecke ausgeführt worden sind, festzustellen, ob und in welchem Maße sich der Feuchtigkeitseinfluß hier bemerkbar macht, und gegebenenfalls noch andere Mittel als die oben angegebenen zu finden, um ihn unschädlich zu machen.

---

[1]) Daß lackierte Holzspulen wegen des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf das Holz für genaue Widerstände unbrauchbar sind, ist in der Reichsanstalt seit 1896 bekannt; allerdings ist nichts darüber veröffentlicht, doch sind derartig eingerichtete Widerstandskästen nicht zur Beglaubigung zugelassen worden. Es wurden damals von der Abt. I der Reichsanstalt bei O. Wolff in Berlin, hauptsächlich zur Verwendung bei Messungen in der Wechselstrom-Brücke, zwei Widerstandskästen (Nr. 1020 und 1021) von 0,1 bis 10000 Ohm mit Holzrollen in Auftrag gegeben. Bei der ersten Messung in der Reichsanstalt stellte es sich heraus, daß die meisten Widerstände von 200 Ohm aufwärts um mehr als 0,1 % falsch waren, während sie der Verfertiger genau abgeglichen hatte; die Schellackschicht zeigte Risse. Auch nach erneutem Abgleichen zeigten die beiden Kästen so starke Änderungen, wie sie an Kästen mit Metallspulen nie vorkommen. Es wurden deshalb später die Widerstände von 5 Ohm aufwärts gegen solche auf Metallspulen ausgetauscht. — Auch ein Kasten anderer Herkunft mit 10 Widerständen von 1 Ohm auf Holzrollen, der von 1895 bis 1903 zehnmal in der Reichsanstalt gemessen wurde, zeigte größere Änderungen, als sie sonst, namentlich bei Widerständen dieses niedrigen Betrages, beobachtet werden.

[2]) Der Mechaniker O. Wolff in Berlin fertigt bis auf weiteres die Spulen von 100 Ohm aufwärts in allen obengenannten Apparaten in der beschriebenen Weise an. Natürlich dürfen dann die Apparate nicht in Ölbäder eingesetzt werden, in denen sich die Paraffinschicht auflösen würde.

I. Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf Normalwiderstände.

1. Konstanz von Normalwiderständen in längeren Zeiträumen. Ehe auf das Verhalten von Normalwiderständen *innerhalb* eines Jahres eingegangen wird, soll zunächst in Fig. 1 die zeitliche Haltbarkeit einer größeren Anzahl von Normalen seit 1898 graphisch erläutert werden. Die Werte sind bis zum Jahre 1905 einer früheren Veröffentlichung entnommen[1]); hierauf sei auch verwiesen in bezug auf die Einheit, die diesen Messungen zugrunde liegt, u. s. w. Zu bemerken ist noch, daß die Beobachtungsreihen an diesen Normalen[2]) *alljährlich immer um etwa dieselbe Zeit* angestellt werden (Februar bis April), d. h. zu einer Zeit, wo die Heizung noch im Gange ist oder erst ganz kurz vorher aufgehört hat, sodaß die Luftfeuchtigkeit in den Laboratorien der Reichsanstalt in den verschiedenen Jahren nicht sehr verschieden gewesen sein wird. Als Ordinaten sind die Abweichungen von dem Mittel der 11 Messungsreihen in *sehr großem* Maßstabe (1 Teilstrich = 0,001%) aufgetragen. Der nahezu gleichartige Verlauf der Kurven für die drei Büchsen von 1 Ohm (1_A, 1_B, 1_C) zeigt, daß die drei Büchsen sich relativ zueinander außerordentlich konstant verhalten, indem ihre Differenzen auf wenige Milliontel dieselben bleiben. Alle Beobachtungsfehler, die bei dem jährlichen Anschluß von 1_A an das Mittel M der 4 Normale von Abt. I Nr. 148a, 149a, 150a und 151 resultieren, übertragen sich natürlich im gleichen Betrage auf 1_B und 1_C; ferner wird die Annahme, daß M absolut konstant ist, nicht ganz zutreffen. Wie dem auch sei, die Abweichungen der Kurven von dem durch die Abszissenachse dargestellten Mittelwert für die drei 1 Ohm-Widerstände und auch für die beiden Büchsen von 10 Ohm (10_A, 10_B) liegen in 10 Jahren innerhalb eines Hunderttausendstels des Wertes, sodaß die Reichsanstalt wohl berechtigt war, auf die außerordentlich hohe Konstanz der Manganin-Widerstände von der Größenordnung von 1 und 10 Ohm immer wieder hinzuweisen. Allerdings wurde vorausgesetzt, daß die Werte gerade dieser kleineren Widerstände sich *zwischen* zwei Beobachtungsreihen nicht merklich ändern würden, oder daß man, falls eine Änderung sich herausstellte, geradlinig interpolieren dürfe. Es ist das große Verdienst der Hrn. Rosa und Babcock, den periodischen Einfluß der Luftfeuchtigkeit erkannt zu haben, der allerdings bei Widerständen von 1 und 10 Ohm in unserem

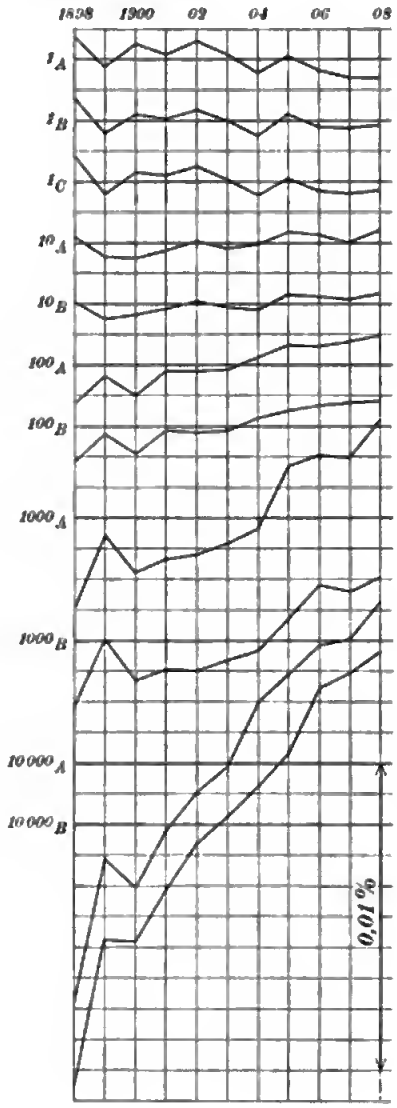


Fig. 1.

[1]) W. Jaeger und St. Lindeck, Über die Konstanz von Normalwiderständen aus Manganin (zweite Mitteilung). *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 15. 1906.*

[2]) Der technische Sekretär Hr. W. Klußmann führt seit Jahren diese Messungen mit größter Sorgfalt aus.

Klima, wie schon erwähnt, so klein ist, daß die Feststellung seiner Größe erhebliche Schwierigkeiten macht.

Die Kurven für die beiden Büchsen von 100 Ohm zeigen einen deutlichen Anstieg von 0,002 % in 10 Jahren, der bei den beiden Büchsen von 1000 Ohm 0,004 bezw. 0,006 % und bei denen von 10000 Ohm 0,013 bezw. 0,014 % beträgt[1]). Dieses langsame Ansteigen der höheren Widerstände ist seit langen Jahren bekannt[2]). Hr. O. Wolff läßt demgemäß die höheren Widerstände nach dem Wickeln und Erhitzen mindestens $^1/_2$ Jahr vor dem definitiven Justieren lagern, da gerade in der ersten Zeit der Anstieg sehr erheblich ist. Bisher sind in der Reichsanstalt als mutmaßliche Ursache hierfür Nachwirkungs-Erscheinungen im Draht selbst angenommen worden. Diese Auffassung muß nach dem, was jetzt über den Feuchtigkeitseinfluß bekannt ist, mindestens modifiziert werden. Denn durch das mehrstündige Erhitzen der lackierten Spulen auf 140° werden diese vollständig ausgetrocknet; liegen sie dann an der Luft, so müssen sie nach und nach Feuchtigkeit aufnehmen, und der Widerstand muß wachsen. Doch ist hiermit noch nicht erklärt, daß diese Zunahme 10 Jahre lang ziemlich unvermindert anhält. Vielleicht hängt die Erscheinung mit der periodischen Änderung innerhalb eines Jahres (siehe den nächsten Absatz) irgendwie zusammen. *Dauernde* Widerstandszunahmen sind in der Tat an einer Reihe von Versuchsspulen von 1000 Ohm (2 *cm* Spulendurchmesser) beobachtet worden, die längere Zeit in Luft von 80 % Feuchtigkeit und dann in Zimmerluft aufbewahrt worden waren, während eine ebenso konstruierte Kontrolspule, die immer in Zimmerluft war, einen derartig starken Anstieg nicht zeigte. Es muß weiteren Versuchen vorbehalten bleiben zu entscheiden, ob nicht für den Anstieg der Spulen *mehrere Ursachen* zusammenwirken.

2. *Konstanz von Normalwiderständen innerhalb eines Jahres.* Die Beantwortung der Frage, in welchem Grad sich der Feuchtigkeitseinfluß auf die Normalwiderstände *während* des Jahres in der Reichsanstalt bemerkbar macht, ist im Juni v. J. in Angriff genommen worden. In einer Notiz[3]) zu der ersten Veröffentlichung der Hrn. Rosa und Babcock sind zwei Messungsreihen von Ende April und Ende Juni 1907 einander gegenüber gestellt worden an je 2 Normalen von 10 und 100 und je 3 Normalen von 1000 und 10000 Ohm. Die erste Reihe ist die übliche, mit aller Sorgfalt und unter guten Temperaturverhältnissen angestellte Jahres-Reihe. Die Reihe im Juni ist, wie auch in der Notiz erwähnt wird, nicht vollständig[4]); es mußten gewisse willkürliche Annahmen über die Konstanz von Widerständen von 0,1 und 1 Ohm gemacht werden; ferner wurde im Juni bei einer von der Normaltemperatur von 18° C. weiter entfernten Temperatur gemessen, sodaß auch aus diesem Grunde nicht die äußerste Genauigkeit erreicht wurde. Die späteren Messungen haben nun ergeben, daß bei der Konstatierung so kleiner Differenzen, wie sie hier in Betracht kommen, doch nur vollständige Messungsreihen, die möglichst in der Nähe von 18° angestellt werden, maßgebend sind, da dann die Werte der Büchsen ohne jede Willkür auf die Büchse 1_A bezogen werden können und die Temperaturkorrektionen möglichst gering sind.

[1]) Die Unregelmäßigkeiten in den Messungen für das Jahr 1899 sind jedenfalls durch einen kleinen Messungsfehler bei der Ableitung des Verhältnisses 10:1 zu erklären, der sich in die höheren Dekaden mit steigendem Betrag fortpflanzt.

[2]) Vgl. *Wiss. Abh. d. P. T. R.* **2.** *S. 537. 1895; diese Zeitschr.* **18.** *S. 106. 1898;* **26.** *S. 24. 1906.*

[3]) W. Jaeger und St. Lindeck, *The variation of manganin resistances with atmospheric humidity. The Electrician* **59.** *S. 626. 1907.*

[4]) Der mühsame Aufbau von 10 Ohm aus den 1 Ohm-Widerständen wurde nicht ausgeführt.

In Fig. 2 sind die Ergebnisse von vier derartigen *vollständigen* Messungsreihen von Mitte April und Mitte Oktober 1907 sowie Ende Januar und Ende April 1908, sowie von drei *unvollständigen* Reihen von Ende Juni, Mitte August und Ende September 1907 eingetragen. Der Wert von 1_A ist als *absolut konstant* angenommen, weshalb die 1_A darstellende Gerade gestrichelt ist; die bei der Reihe sonst noch benutzten Büchsen (1_B, 1_C, 2_A, 5_A) wurden bei den vollständigen Reihen jedesmal auf 1_A bezogen. Inwieweit die Annahme einer absoluten Konstanz von 1_A berechtigt ist, wird noch besprochen werden. Da aber durch Vergleichung mit Quecksilberwiderständen die hier in Betracht kommenden, zeitlich über ein Jahr verteilten Änderungen von vielleicht 0,001 bis 0,002 % nicht konstatiert werden können und andere Draht-Widerstände, die erfahrungsgemäß noch erheblich konstanter wären als 1_A, nicht zur Verfügung standen, so bleibt zunächst nur diese Annahme übrig. Es wurde übrigens absichtlich davon abgesehen, die Haupt-Drahtnormale der Abt. II irgendwie anders zu behandeln, als bisher, da sie gerade noch längere Zeit daraufhin untersucht werden sollen, wie sie sich in dem hiesigen Klima verhalten.

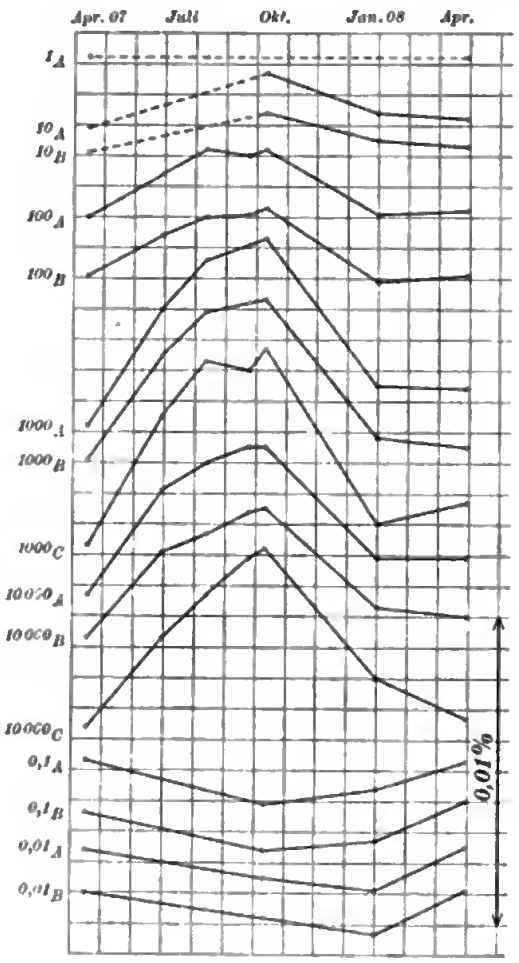


Fig. 2.

Bei der Berechnung der drei unvollständigen Reihen vom Sommer 1907 wurde für die vorliegende Veröffentlichung so verfahren, daß man die Werte der beiden 10 Ohm-Büchsen aus den genau gemessenen Werten vom April und Oktober geradlinig interpolierte, was wegen der minimalen Größe der Änderungen dem wirklichen Verhalten jedenfalls bis auf wenige Milliontel nahekommt; die beiden Kurven für 10_A und 10_B sind für diese Zeit deshalb ebenfalls gestrichelt. Die Werte der Widerstände von 100 Ohm und mehr sind für diese drei Reihen unter Benutzung der interpolierten Werte der 10 Ohm-Büchsen berechnet; Fig. 2 gibt ein Bild von der Größe des Feuchtigkeitseinflusses in unserem Klima. Die Werte aus den unvollständigen Reihen fügen sich mit genügender Genauigkeit in die Kurven ein; 1 Teilstrich der Ordinatenachse bedeutet wieder 0,001 %.

Wenn man die Berechnung der Messungen in der angegebenen Weise vornimmt, so kommt man zu dem Schluß, daß schon Ende Juni ein deutlicher Anstieg aller Büchsen gegen die Messung vom April 1907 vorhanden war. In der Mitteilung im *Electrician a. a. O.* war von uns angegeben worden, daß nur die drei Büchsen von 1000 Ohm einen Anstieg von 0,001 bis 0,002 % zeigten. Die dort veröffentlichten Zahlen stellen also das Verhalten der Büchsen günstiger dar, als es sich unter Be-

rücksichtigung der späteren Beobachtungen ergab; die früher für die Juni-Reihe gemachten Annahmen erwiesen sich eben als nicht ganz zulässig.

Inwieweit die Annahme von der absoluten Konstanz von 1_A in dem Zeitraum eines Jahres gerechtfertigt ist, lassen die Kurven für die beiden Widerstände von 0,1 Ohm und die zwei von 0,01 Ohm beurteilen, die in Fig. 2 unten zugefügt sind. Diese vier Kurven lassen scheinbar einen umgekehrten Verlauf der jährlichen Widerstandsänderung erkennen wie die höheren Widerstände. Die 0,1 Ohm-Büchsen bestehen aus noch dickerem Draht als die 1 Ohm-Widerstände, und die Einwirkung der Luftfeuchtigkeit sollte somit geringer sein, als bei den letzteren; die 0,01 Ohm-Büchsen sind aus frei gespanntem Manganin-*Blech* gefertigt und *können die uns hier beschäftigende Erscheinung gar nicht zeigen.* Es liegt also der Schluß nahe, daß in Wirklichkeit diese 4 Widerstände in der betrachteten Zeit nahezu völlig konstant geblieben sind, und daß die Durchbiegung der Kurven nach unten daher rührt, daß die Spule 1_A ebenfalls dem Feuchtigkeitseinfluß in dem minimalen Betrag von 0,001 bis $0{,}001_8$ % unterliegt. Denn man muß für die Widerstände von 0,1 und 0,01 Ohm (und alle übrigen) einen zu kleinen Wert erhalten, wenn der Wert von 1_A, auf dem alle Berechnungen beruhen, kleiner angenommen wird, als er tatsächlich ist. Wie dem auch sei, sind die Änderungen, abgesehen von den Widerständen von 1000 Ohm und mehr, hier derart gering, daß man sie nur bei elektrischen Präzisionsmessungen erster Ordnung würde berücksichtigen müssen, und auch bei den hohen Widerständen betragen sie nur *den 5-ten Teil der im Bureau of Standards beobachteten Beträge.* Dabei müssen weitere Beobachtungen über längere Zeiträume erst zeigen, ob nicht die Änderungen im Sommer 1907 ausnahmsweise groß waren; denn die mittlere relative Luftfeuchtigkeit hatte im Juli und August Werte, die *erheblich* über den normalen Wert hinausgingen. Nach Auskunft des Kgl. Meteorologischen Instituts in Berlin waren in der hier in Betracht kommenden Zeit des Jahres 1907 die Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit (für Berlin, Innere Stadt) die folgenden[1]):

	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
1907:	70	64	69	76	75	77	82 %
Normaler Wert[2]):	69	65	66	67	69	73	79 %

Die Kurven von Fig. 2 zeigen in der Tat, daß das Maximum des Widerstandes ungefähr in den Oktober fällt.

Das Klima von Washington begünstigt das Zustandekommen der Erscheinung außerordentlich, worauf auch Hr. Rosa in einer Erwiderung auf unsere oben zitierte Notiz im *Electrician* hinweist (vgl. *The Electrician 60. S. 162. 1907; Bull. Bureau of Standards 4. S. 135. 1907*). In Berlin ist die relative Feuchtigkeit vom Oktober bis einschließlich März am höchsten und differiert wenig in den einzelnen Monaten, indem der normale Wert im

Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	Mittel
79	83	85	85	81	77	82 %

[1]) Geheizt wurden die Laboratorien der Reichsanstalt vom 11.—12. und 18.—27. IX. sowie vom 4.—9. X. und vom 18. X. 1907 ab; es ist nicht ausgeschlossen, daß der unregelmäßige Verlauf im September in einigen Kurven von Fig. 2, z. B. für die fast täglich benutzte Büchse 1000C, hiervon herrührt. Die Reihen vom April 1907 und 1908 fallen beide in die Heizungsperiode des jeweils vergangegangenen Winters hinein.

[2]) Die normalen Werte sind die Mittelwerte aus dem Zeitraum 1848—1877; in der Schrift von O. Behre, Das Klima von Berlin. Berlin, O. Salle 1908 sind die Mittelwerte aus den Zeiträumen 1848—1886 und 1887—1906 (*S. 87—90*) aufgeführt, die nahezu identisch mit den obigen Zahlen sind.

beträgt. Vom April bis September ist die normale Feuchtigkeit wieder ziemlich dieselbe (s. o.), nämlich im Mittel 68 %. Die hohe Luftfeuchtigkeit der Monate Oktober bis März kommt aber nicht zur Geltung, da sie durch die Heizung der Räume stark herabgesetzt wird. Umgekehrt liegen die Verhältnisse in Washington, wo die relative Feuchtigkeit im Winter etwa 15 % niedriger, im Sommer um etwa ebensoviel höher ist als in Berlin. Die an und für sich trockene Luft des Winters wird also durch das Heizen dort noch mehr ausgetrocknet. Allerdings wird in den Sommermonaten die sehr hohe Luftfeuchtigkeit in einigen Laboratorien in Washington dadurch herabgesetzt, daß man beinahe an jedem Tag im Sommer 6 bis 8 Stunden lang kalte Salzlösungen durch Röhren treibt, auf denen sich die Feuchtigkeit kondensiert. Aber trotzdem ist offenbar der Unterschied in der Luftfeuchtigkeit zwischen Sommer und Winter im *Bureau of Standards* sehr bedeutend.

Dadurch ist es erklärlich, daß man zuerst in Washington auf die Erscheinung aufmerksam wurde. Die Veränderlichkeit der Widerstände würde auch dort dadurch erheblich herabgesetzt werden können, daß man im Winter die Luftfeuchtigkeit in den Laboratorien passend erhöhte.

An *Widerstandskästen* liegen bis jetzt die Resultate von Kalibrierungen, die über ein ganzes Jahr passend verteilt wären, in der Reichsanstalt noch nicht vor; doch sind derartige Messungen in Angriff genommen. Widerstandskästen sind für *sehr genaue* Messungen in der Reichsanstalt nicht benutzt worden, einmal, weil sie aus verschiedenen Gründen sich für Messungen von äußerster Präzision nicht ohne weiteres eignen, und dann, weil die von Zeit zu Zeit, etwa alle 1 bis 2 Jahre, vorgenommenen Messungen größere Veränderungen zeigten, als bei Normalwiderständen. Betrachtet man jetzt nachträglich die Korrektions-Tabellen, so ergibt sich ganz deutlich, daß die Änderungen den von den Hrn. Rosa und Babcock aufgedeckten Grund haben. Auch andere Beobachtungen sind jetzt verständlich, für die uns früher eine plausible Erklärung fehlte. So waren zwei Widerstände von 1 Ohm (Nr. 2205 und 2206), die im Juni 1905 zwecks genauer Vergleichung an das *National Physical Laboratory* in Teddington gesandt worden waren, nach ihrer Rücksendung Ende September 1905 beide um etwa 0,003$_5$ % höher als vorher. Dieser Anstieg ging anfangs rasch zurück: Mitte November war die Abweichung nur noch wenig über 0,001 %, und im Frühjahr 1906 waren die früheren Werte bis auf wenige Millionstel erreicht. Die Änderungen wurden damals auf die mit dem Transport als Frachtgut verbundenen Erschütterungen zurückgeführt (vgl. *diese Zeitschr. 26. S. 153. 1906*), sie sind aber offenbar durch die Einwirkungen des Klimas bedingt, das in London in den Sommermonaten feuchter ist, als in Berlin.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß das Vorhandensein der in Washington gefundenen Fehlerquelle nunmehr auch in der Reichsanstalt konstatiert wurde, wenngleich in viel geringerem Maße. Unter Beobachtung dieses Fehlereinflusses wird es gelingen, die absolute Genauigkeit bei der Messung mit Manganin-Widerständen noch weiter zu treiben, als es bisher schon möglich war. Es muß aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Genauigkeitsgrenzen, die die Reichsanstalt für ihre Widerstandsmessungen in jedem einzelnen Falle verbürgt, und die auf jedem von ihr ausgegebenen Scheine vermerkt sind[1]), für Normalwiderstände

[1]) Für Normalwiderstände werden die Werte verbürgt (vgl. auch *diese Zeitschr. 18. S. 106. 1898*)

für Büchsen von			1 und 10 Ohm	auf	$\pm$ 0,01 %,
„ „ „	100; 1000;	0,1; 0,01	„	„	$\pm$ 0,01$_5$ %,
„ „ „		10 000	„	„	$\pm$ 0,02 %.

jedenfalls so ausreichend bemessen sind, daß die durch den Feuchtigkeitseinfluß verursachten Fehler wohl auch unter den ungünstigsten Verhältnissen innerhalb dieser Grenzen liegen werden.

II. Versuche zur Beseitigung des Feuchtigkeitseinflusses.

Ende August 1907 wurden Versuche in Angriff genommen, um nach dem Vorgang von Rosa und Babcock das Verhalten von Spulen zu studieren, die bestimmten Feuchtigkeitsgraden beliebig lange ausgesetzt werden konnten.

1. Herstellung bestimmter Feuchtigkeitsgrade. Bei den Versuchen in Washington, bei denen Feuchtigkeitsgrade von etwa 25 % anwärts benutzt wurden, stellte man die niederen Grade dadurch her, daß man mehr oder weniger Chlorkalzium in ein abgeschlossenes Gefäß brachte; für die höheren Grade wurde die Größe der Oberfläche eines mit Wasser gefüllten Behälters variiert, während gleichzeitig ein kleiner, elektrisch angetriebener Ventilator die Luft in dem Gefäß zirkulieren ließ. Temperatur und Feuchtigkeit wurden dauernd aufgezeichnet, die benutzten Hygrometer mit einem Aspirations-Hygrometer häufig geeicht. In der Reichsanstalt wurde eine viel einfachere Methode benutzt, die, wie sich herausstellte, schon im Jahre 1845 von Regnault angegeben ist, aber wenig bekannt zu sein scheint, so daß es sich verlohnt, etwas ausführlicher darauf einzugehen. In einer Arbeit „*Études sur l'Hygrométrie*“ (*Ann. de chim. et de phys. 15. S. 129—236. 1845*) gibt Regnault eine Methode an, um Haarhygrometer bequem eichen zu können: das Instrument wird in einen abgeschlossenen Rezipienten gebracht, in dem sich eine Schale mit *Schwefelsäure von einer einem bestimmten Feuchtigkeitsgrad entsprechenden Konzentration* befindet.

Regnault hat zu diesem Zweck die Dampfspannung von 9 aufs genaueste hergestellten Schwefelsäure-Wasser-Gemischen ($H_2SO_4 + H_2O$ bis $H_2SO_4 + 17H_2O$) bei verschiedenen Temperaturen gemessen; er stellte die Resultate in einer Tabelle dar, die von 5° bis 35° C. reicht. Eine Spalte[1]) enthält unmittelbar das Verhältnis der Dampfspannung des Gemisches zu der von reinem Wasser bei derselben Temperatur, also nach Multiplikation mit 100 die *relative Feuchtigkeit* in Prozent; diese letzteren Zahlen hängen für eine bestimmte Konzentration sehr wenig von der Temperatur ab; so liefert z. B. das Gemisch $H_2SO_4 + 9H_2O$ bei 15° eine relative Feuchtigkeit von 62,68 %, bei 20° von 62,27 %. In Fig. 3 sind die Ergebnisse von Regnault für 20° C. graphisch aufgetragen. Als Abszissen sind die relativen Feuchtigkeiten in Prozent angegeben, an der Ordinatenachse links die Konzentrationen. Den gestrichelten Linien, die zu den Feuchtigkeiten 10; 20; 30 ..... 90 % gehören, sind (rechts) auch die Dichten der betreffenden Gemische bei 20° C. nach Domke (Landolt-Börnsteins Tabellen, 2. Aufl., *S. 326/327*) beigefügt, wonach die Mischungen leicht herzustellen und auf ihre Unveränderheit bei längerem Gebrauch zu kontrollieren sind. Das Verfahren empfiehlt sich also sehr zur Eichung von Haarhygrometern durch den Fabrikanten und zur späteren Kontrolle der Skale, wobei nach dem Obigen auf die Temperatur keine Rücksicht genommen zu werden braucht, wenn sie nur genügend konstant ist und sich nicht zu weit von Zimmertemperatur entfernt. Namentlich, wenn man den Rezipienten evakuiert, nimmt das Hygrometer nach Regnault seine definitive Einstellung in wenigen Minuten an[2]).

[1]) Diese Spalte ist in Landolt-Börnsteins Physikalisch-chemische Tabellen, 2. Aufl., nicht mit aufgenommen, wo die Regnaultsche Tabelle im übrigen auf *S. 166* abgedruckt ist.

[2]) Falls man nicht evakuiert, ist es, wie ich es bei einer Eichung eines Fueßschen Haarhygrometers getan habe, zweckmäßig, die Luft im Rezipienten durch einen kleinen, elektrisch

Da sich bestimmte Feuchtigkeitsgrade in der beschriebenen Weise leicht herstellen lassen, so kann man Normalwiderstände, namentlich solche, die man nur relativ selten zu Messungen von äußerster Genauigkeit benutzt, in einfachster Weise dem Feuchtigkeitseinfluß entziehen, indem man sie in einem „Hygrostaten" aufbewahrt und nur zum Gebrauch auf kurze Zeit herausnimmt; in demselben wird man eine mittlere Feuchtigkeit, etwa 50%, halten, damit die Tendenz zu Widerstandsänderungen während der Benutzung außerhalb des Hygrostaten möglichst gering ist. Nimmt man noch die Schutzwirkung des Paraffinöls hinzu (vgl. weiter unten), indem man die Normale in dieser Flüssigkeit im Hygrostaten aufbewahrt und beim Herausnehmen in ihr benutzt, so dürfte es nach den bis jetzt hier vorliegenden Erfahrungen wohl sicher gelingen, auch Widerstände der jetzigen Konstruktion von 1000 Ohm und dgl.

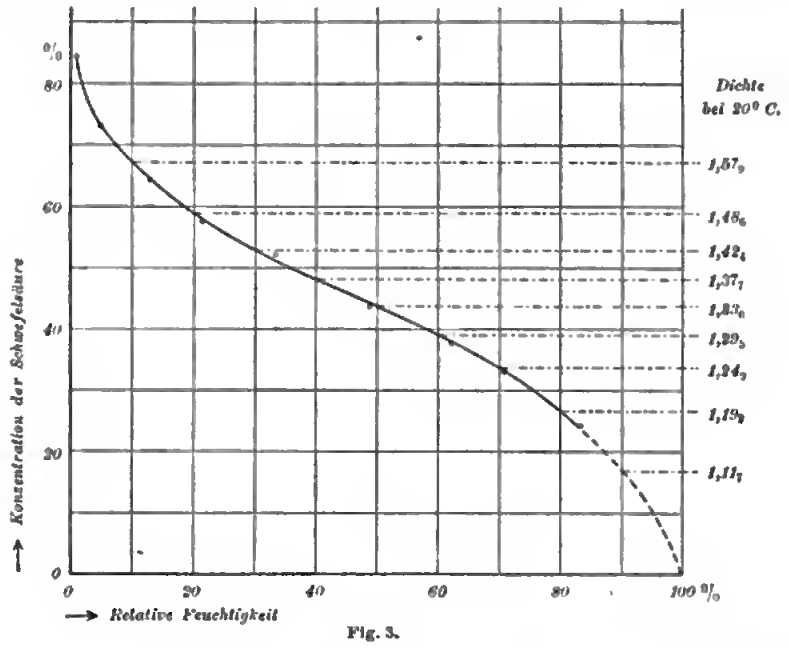


Fig. 3.

innerhalb von 0,001 % konstant zu halten. In der Reichsanstalt sind seit Anfang dieses Jahres zwei derartige Hygrostaten aus Zinkblech (von etwa 50×50 *cm* Grundfläche und 30 *cm* Höhe) in Benutzung. Die Dichtung des vom Grundbrett abnehmbaren Oberteils erfolgt dadurch, daß dieses in eine mit Maschinenöl gefüllte Nut hineinpaßt. Es ist Vorsorge getroffen, daß bei einer Druckverminderung der abgeschlossenen Innenluft nur solche Luft eingesogen wird, die durch Schwefelsäure von derselben Konzentration hindurch gegangen ist, wie diejenige ist, die sich im Innern befindet. Bis jetzt sind sehr befriedigende Ergebnisse über die Konstanz von derart aufbewahrten Normalwiderständen erzielt worden; es soll darüber später berichtet werden, wenn Beobachtungen über einen längeren Zeitraum vorliegen.

2. *Probespulen.* Für die Untersuchung von Probespulen wurden Glasglocken (etwa 30 *cm* breit und ebenso hoch) benutzt, deren geschliffener, eingefetteter Rand auf Glas-

angetriebenen Ventilator durcheinander zu mischen. Bei einem Instrument zeigten sich nach der Eichung in den obersten Teilen der Skale Änderungen, die einer plötzlich eingetretenen Verlängerung der Haare entsprachen; vermutlich kam dies daher, daß die Haare in *Schellack* eingekittet waren; auf meinen Vorschlag befestigt die Firma R. Fueß jetzt die Haare ohne Verwendung dieses hygroskopischen Materials.

platten luftdicht aufgesetzt werden konnte. Die Feuchtigkeit der Luft im Innern der Glocken wurde lange Zeit entweder auf 0% (mit ganz konzentrierter Schwefelsäure) oder auf 80% gehalten. Derartige Unterschiede, wie sie beim Gebrauch der Widerstände nie vorkommen können, wurden gewählt, um die zur Vermeidung des Feuchtigkeitseinflusses in Betracht kommenden Mittel einer scharfen Probe unterziehen zu können. Durch ein gleichzeitig unter der Glocke befindliches Haar-Hygrometer wurde bei den Versuchen mit 80% in einzelnen Fällen während längerer Zeiträume konstatiert, daß die Feuchtigkeit nur wenige Prozent um einen Mittelwert schwankte, sodaß es unnötig war, durch Anbringen eines Rührwerks die Luft in der Glocke zu durchmischen.

Es wurden im ganzen nahezu 30 Probespulen, sämtlich von 1000 Ohm und, mit wenigen Ausnahmen, von der Größe der Spulen in Widerstandskästen, in dieser Weise untersucht; sie wurden von Hrn. O. Wolff nach meinen Angaben aus Manganindraht angefertigt und in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Als Normal

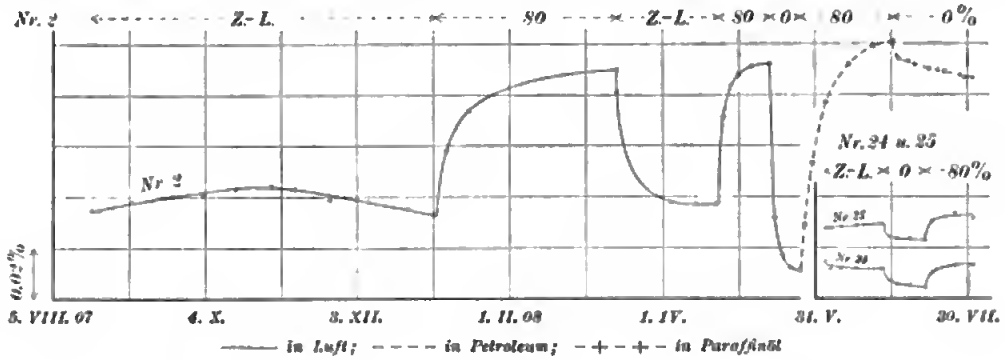


Fig. 4.

bei allen diesen Messungen an Probespulen diente die Büchse 1000_0, deren Änderungen berücksichtigt wurden[1]). Zunächst wurden die Spulen längere Zeit in Zimmerluft gehalten und so lange beobachtet, bis die starken Änderungen, die unmittelbar nach der Herstellung auftreten, einigermaßen abgelaufen waren. Wenn die Spulen dann in einer Atmosphäre von 0% oder 80% F. waren, wurden sie zur Messung nur so kurze Zeit aus den Glasglocken herausgenommen, daß sich, wie wiederholt geprüft wurde, der Widerstand dadurch nicht merkbar änderte. Fig. 4 stellt das Verhalten einer Spule (Nr. 2) dar, die ganz in der gleichen Weise hergestellt ist, wie sie in Widerstandskästen bisher verwendet wurden, also *mit Seidenunterlage*. Spule 2 wurde zunächst über 4 Monate in Zimmerluft gehalten; es zeigt sich ein geringes Ansteigen bis Ende Oktober und dann eine regelmäßige Abnahme, ganz übereinstimmend mit dem Verhalten der Normale von 1000 Ohm in derselben Zeit (Fig. 2), nur etwa im doppelten Betrag; der stärkere Anstieg, der unmittelbar auf die Herstellung folgt, fällt für die Spule 2 vor die erste Beobachtung in der Reichsanstalt. In Luft von 80% Feuchtigkeit steigt der Widerstand in etwa 70 Tagen um den sehr erheblichen Betrag von nahezu 0,06% an, um dann in 40 Tagen in Zimmerluft um nahezu ebensoviel wieder abzunehmen; ein neuer Aufenthalt von 20 Tagen in 80% bewirkt wieder fast genau denselben Anstieg wie vorher; in ganz trockner Luft erfolgte dann in 12 Tagen eine Abnahme von 0,08%. Während die Spule bisher der Luft von verschiedener Feuchtigkeit *direkt* ausgesetzt war, kommt sie jetzt *unter Petroleum* in 80% Feuchtig-

[1]) Seit Mitte Mai d. J. befindet sich dieses Normal dauernd unter Paraffinöl (s. weiter unten).

keit, und zwar in einem Glasgefäß von etwa 9 *cm* Durchmesser und 18 *cm* Höhe, so daß der obere Rand der Spule noch etwa 3,5 *cm* unter der Oberfläche des Petroleums stand; das letztere wurde dem hiesigen Vorrat frisch entnommen. Wie man sieht, wird *durch das Einsetzen in Petroleum der Feuchtigkeitseinfluß nicht einmal merkbar verlangsamt.* Der Anstieg in etwas über einem Monat beträgt 0,09 %, und der Widerstand der Spule geht sogar über den früher bei 80 % Feuchtigkeit erreichten Wert hinaus. Die Spule kommt sodann auf 0 % Feuchtigkeit in *Paraffinöl.*

In Fig. 5 ist der letzte Teil der Kurve für Spule 2 mit Beobachtungen an einer genau ebenso hergestellten Spule 1 in dem $1^1/_2$-fachen Maßstabe der Fig. 4 dargestellt. Spule 1 war zuerst in Zimmerluft, dann in 80 % F. und hierauf lange Zeit in 0 % F. gewesen; vor den in Fig. 5 dargestellten Versuchen war sie in Paraffinöl 14 Tage bei 80 % F. aufbewahrt worden. Darauf kam sie unter Petroleum, das schon 14 Tage unter der Glocke mit 80 % F. gestanden hatte, in diese Feuchtigkeit. Der nunmehr erfolgende rapide Anstieg um nahezu 0,1 % zeigt, daß das Einsetzen in Paraffinöl die Spule vor der Einwirkung der Feuchtigkeit bewahrt hatte, und beweist nochmals, daß Petroleum gar nicht schützt; ferner befand sich Spule 1 bis zum 7. April unter Petroleum, von da ab bis zum 27. April unmittelbar in einer Atmosphäre von 80 % F., ohne daß im Verlauf der Kurve irgend eine Änderung erkennbar wäre. Spule 1 wird dann bei 0 % F. bis zum 25. Mai ausgetrocknet. Nun kommen beide Spulen bis zum 1. Juli in 80 % F., und zwar Nr. 2 unter *Petroleum*, Nr. 1 aber unter *Paraffinöl* in dieselbe Glocke. Während nun Nr. 2 um 0,09 % zunimmt, steigt Nr. 1, die vorher unter 80 % um 0,1 % angestiegen war, in derselben Feuchtigkeit *unter Paraffinöl in 36 Tagen nur um 0,008 %*. Vom 1. Juli ab wurden die beiden Spulen in 0 % F. gebracht, und zwar nunmehr Nr. 2 unter Paraffinöl, Nr. 1 unter Petroleum; bei der letzteren verliert sich der geringe Anstieg, den sie vorher erfahren hatte, während sich bei Nr. 2 eine Abnahme der vorher eingetretenen Widerstandszunahme von nur etwas über 0,01 % in 28 Tagen bemerkbar macht.

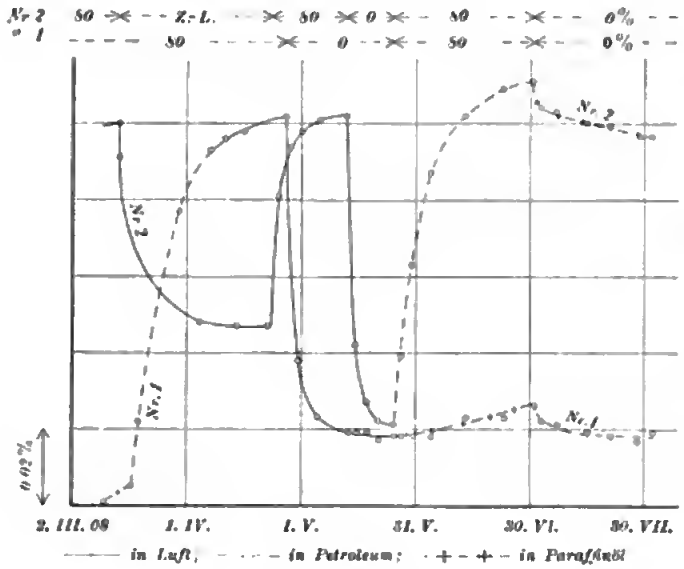


Fig. 5.

Es ist somit durch diese Versuche und auch durch andere, hier nicht mitgeteilte Messungen erwiesen, *daß Paraffinöl selbst unter extremen Bedingungen einen sehr guten Schutz gegen den Feuchtigkeitseinfluß* gewährt; damit dürfte ein zweites, noch einfacheres Mittel als das auf *S. 238* angegebene gefunden sein, um die Konstanz der Widerstände des bisherigen Modells erheblich zu verbessern, *indem man sie dauernd unter Paraffinöl*[1]) *aufbewahrt.* Bei einem Widerstandskasten und dem Normal 1000$_\Omega$ geschieht

[1]) Bezogen von C. A. F. Kahlbaum in Berlin S.O., Schlesische Straße 35, als Paraffin. liqu. Ph. G. II; Dichte etwa 0,86; Preis für 1 *kg* 1,20 M.

dies hier bereits seit einigen Monaten. Erfahrungen, wie konstant derart aufbewahrte Apparate bleiben, können naturgemäß erst durch lange fortgesetzte Messungen erhalten werden.

Es sei noch erwähnt, daß in dem chemischen Laboratorium der Reichsanstalt durch Hrn. Mylius eine Untersuchung veranlaßt worden ist, wie diese auffälligen Unterschiede in dem Verhalten von Petroleum[1]) und Paraffinöl zustande kommen.

Bereits in unserer Veröffentlichung im *Electrician a. a. O.* wurde die Vermutung geäußert, daß die Seidenschicht, mit der das Metallrohr vor dem Aufwickeln des Drahtes bisher beklebt wurde, besonders schädlich wirke. Diese Vermutung hat sich auch bestätigt, indem Spulen, die ohne Seidenunterlage gewickelt wurden, den Feuchtigkeitseinfluß in geringerem Maße zeigten. Doch war der dadurch erzielte Fortschritt noch nicht genügend. Auch nach Weglassen der Seidenbeklebung wird ja immer noch der mit Schellack getränkte Teil der *Umspinnung*, der *zwischen* Draht und Metallrohr liegt, schädlich wirken. So wurden z. B. einige Widerstände (Nr. 12 bis 15) auf *emailliertes* Kupferrohr (ohne Seidenunterlage) gewickelt. Durch einen Aufenthalt von 9 Wochen in 80 % F. nahmen Nr. 12 nur um $0{,}03_6$ %, Nr. 13 um $0{,}04_2$ %, Nr. 14 in 7 Wochen um $0{,}03_1$ % zu, also sehr viel weniger als die Spulen 1 und 2. Der Widerstand ging aber dann in Zimmerluft nicht wieder auf den Wert vor dem Einsetzen in die feuchte Luft zurück, sondern blieb um etwa 0,02 % größer, während die Kontrollspule Nr. 15, die dauernd in Zimmerluft blieb, ein derartiges Verhalten nicht zeigte. Die Erscheinung der dauernden Widerstandsänderung ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß die emaillierten Kupferrohre erheblich dickwandiger waren, als die sonst verwandten Messingrohre. Je nachgiebiger aber die Unterlage ist, desto weniger tritt der Feuchtigkeitseinfluß, wie wir gleich sehen werden, überhaupt zutage, und umso geringer können dann auch nur derartige dauernde Änderungen sein. Die Spulen Nr. 12 bis 15 sind dieselben, auf die schon oben (*S. 233*) hingewiesen wurde.

Es wurden auch Versuche gemacht, einen Anstrich für die Spulen zu finden, der für Feuchtigkeit undurchlässig ist und gleichzeitig erlaubt, die Widerstände in Petroleum oder Paraffinöl einzusetzen. Ein weißer Emaille-Lack (Auflösung eines Harzes in Terpentinöl mit Farbzusatz) erfüllte keine der beiden Forderungen. Zapon-Lack (Lösung von Kollodiumwolle in Amylazetat) ist in Petroleum nicht merkbar löslich, läßt aber Feuchtigkeit durch; die Versuche wurden als aussichtslos aufgegeben.

Dagegen führte ein anderer Weg näher zum Ziel. Es liegt der Gedanke nahe, die Unterlage, auf die der Draht gewickelt ist, elastisch zu machen, sodaß beim Quellen des Schellacks diese und nicht der Widerstandsdraht deformiert wird. Dies kann in einfachster Weise geschehen, indem in das Messingrohr passende Einschnitte gemacht

[1]) Offenbar hängt damit zusammen, daß Petroleum Metalle angreift, sowie es feucht wird. Wenn z. B. in einem Starkstrom-Widerstand nach dem Modell der Reichsanstalt aus der Kühlschlange infolge einer Undichtigkeit Wasser in die Petroleumfüllung kommt und dieses feuchte Petroleum mit dem Widerstandsblech lange Zeit in Berührung bleibt, so werden die Metallteile angegriffen, und es können erhebliche Widerstandsänderungen eintreten. Es empfiehlt sich daher, nur gutes, wasserhelles Petroleum zu verwenden und die Büchse nicht unnötig lange damit gefüllt zu halten. Ein beginnender Angriff macht sich durch Grünfärbung des Petroleums bemerkbar; Undichtigkeiten in der Kühlschlange müssen sofort beseitigt und es muß auch peinlich vermieden werden, daß beim Abnehmen der Gummischläuche Wasser in das Innere der Büchse spritzt. Bei der Verwendung von Paraffinöl dürfte ein derartiger chemischer Angriff nicht eintreten; allerdings ist dessen Viskosität erheblich größer als die des Petroleums, und die Ableitung der Stromwärme aus dem Widerstandsblech ist wahrscheinlich nicht so energisch wie bei Verwendung von Petroleum. Darüber müssen noch Versuche angestellt werden.

werden. In der Tat zeigten die beiden ersten Widerstände, die auf geschlitzte Rohre (ohne Seidenunterlage) gewickelt wurden[1]) (Nr. 18 und 19), nur noch etwa den dritten Teil der Änderungen der Spulen 1 und 2, wie Fig. 6 zeigt, die in demselben Maßstab wie Fig. 4 gezeichnet ist. Die Art, wie die Schlitze geführt sind, ist aus der Fig. 6 rechts zu ersehen. Auf der nicht sichtbaren Seite der Rohre befinden sich genau dieselben Einschnitte; bei den Spulen 18 und 19 sind also vier federnde Lappen vorhanden.

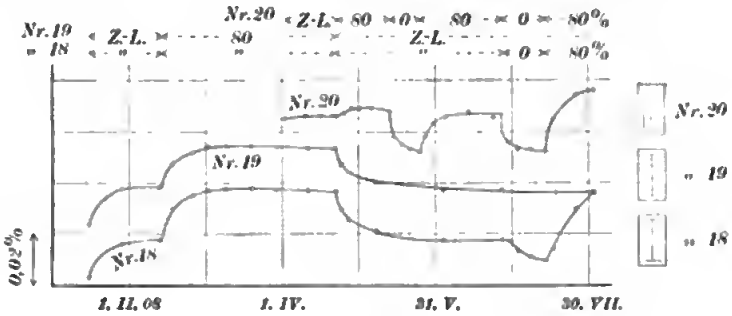


Fig. 6.

Diese Spulen sind von dem Verfertiger beinahe in der ganzen Länge des Messingrohres, also *über die Einschnitte hinaus*, mit Draht bewickelt worden. Es ist anzunehmen, daß andernfalls die Widerstandsänderungen noch geringer sein würden, als sie Fig. 6 für diese Spulen zeigt, da eben ein Teil der Wickelung sich auf nicht federnder Unterlage befindet. Spule 20, Fig. 6, die sechs äquidistante Längsschnitte und keine Seidenunterlage hat (vgl. die Skizze), leidet unter demselben Fehler. Die Widerstandsänderungen sind etwa von derselben Größenordnung wie bei Nr. 18 und 19.

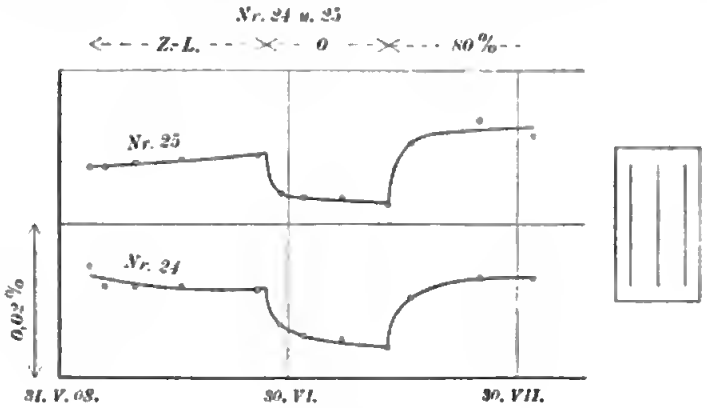


Fig. 7.

Zwei andere Spulen, Nr. 24 und 25 (Fig. 7, im 3-fachen Maßstab der Fig. 4 u. 6), ebenfalls ohne Seidenunterlage, mit je 6 Längsschnitten (wie Spule 20), die erst seit 2 Monaten untersucht werden, verhalten sich, wie man sieht, bis jetzt am günstigsten. Bei Nr. 24 gehen die Schlitze beiderseits etwa 3 *mm* über die Wickelung hinaus; bei Nr. 25 sind zwar oben die Schlitze 1 *cm* länger, als die Wickelung reicht, unten geht sie aber bis dicht an das Ende der Schlitze heran. Besonders bemerkenswert ist, daß diese Spulen *sofort nach der Herstellung* gemessen wurden und viel eher auf einen

[1]) Die Spulen wurden bald nach der Herstellung gemessen und zeigen deshalb zunächst einen Anstieg.

nahezu konstanten Wert kamen, als die Spulen der bisherigen Konstruktion; nach Angaben von Hrn. O. Wolff sind sie am 26. Mai gewickelt, am 27. Mai 10 Stunden auf 140° C. erwärmt, am 29. vorjustiert und 6 Stunden auf 100° C. erwärmt und am 30. morgens fertig justiert worden; innerhalb 48 Stunden bis zum 1. Juni hatte nach Beobachtung von Hrn. Wolff Nr. 24 um 0,03 %, Nr. 25 um 0,02 % zugenommen; sie wurden nochmals nachjustiert, worauf in weiteren 24 Stunden bis zum 2. Juni die Zunahme von Nr. 24 noch $0{,}002_5$ %, von Nr. 25 $0{,}003_5$ % betrug. Am 4. Juni bereits begannen die Beobachtungen in der Reichsanstalt. Es ist nicht anzunehmen, daß dieser erste Anstieg von mehreren hundertstel Prozent allein durch Aufnahme von Feuchtigkeit bedingt ist, denn durch einen Aufenthalt von über 14 Tage in 0 % Feuchtigkeit nimmt der Widerstand noch nicht um 0,01 % bei diesen beiden Spulen ab. Außerdem zeigte ein Versuch, daß diese erste Zunahme auch eintritt, wenn man eine Spule unmittelbar nach dem Erhitzen paraffiniert, wodurch die Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft nach den amerikanischen Erfahrungen doch ganz verhindert werden sollte. In Fig. 4 rechts sind, des besseren Vergleichs halber, die Kurven für Nr. 24 und 25 in demselben Maßstabe wie die Beobachtungen an Spule 2 eingetragen; man sieht, daß *durch Einführen von geschlitzten Spulen ein erheblicher Fortschritt erzielt werden kann;* wahrscheinlich würde die Konstanz von Widerstandskästen mit Spulen wie Nr. 24 und 25 schon vollständig genügen, da ja die wirklich auftretenden Änderungen nur ein kleiner Bruchteil der in Fig. 7 dargestellten, unter extremen Bedingungen erhaltenen sein werden; für die äußersten Genauigkeitsansprüche könnte man zudem die Kästen mit Paraffinöl dauernd gefüllt lassen. Ob man auf dem eingeschlagenen Wege noch bessere Resultate erzielen kann, als sie Nr. 24 und 25 aufweisen, ist augenblicklich Gegenstand der Untersuchung.

Die bisher untersuchten Probespulen sind, wie erwähnt, fast ausnahmslos von der in Widerstandskästen üblichen langen dünnen Form. Bei dem für Normalwiderstände benutzten kurzen, weiten Rohr werden einige Schlitze nicht ausreichen, um die Unterlage wesentlich elastischer zu machen; die zweckmäßigste Form hierfür zu finden, muß weiteren Versuchen vorbehalten bleiben, die bereits im Gange sind.

Eine Methode zur Bestimmung der Fehler von Mikrometerschrauben.

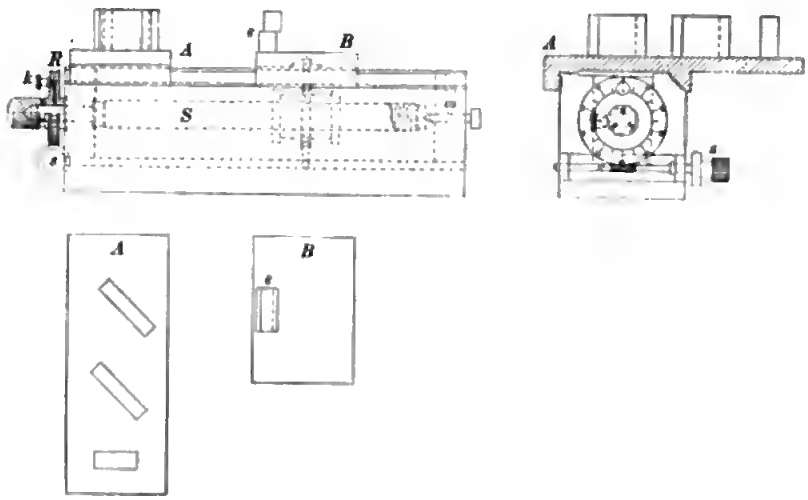
Von
Ernst Keil.

Auf Veranlassung von Hrn. Prof. C. W. Chamberlain, Vorsteher der physikalischen Abteilung der hiesigen Universität, habe ich vor einiger Zeit eine Anzahl Mikrometerschrauben geprüft und dabei eine Methode angewandt, die bei größter Genauigkeit noch den Vorzug möglichster Einfachheit besitzt. Soweit mir bekannt, ist diese Methode noch nicht veröffentlicht; sie sei deshalb mit Genehmigung von Prof. Chamberlain hier kurz mitgeteilt.

Die zu untersuchende Schraube S wurde in ein vorhandenes Michelsonsches Interferometer eingebaut, an ihrem Kopf war ein Schneckenrad R nebst Schnecke s befestigt. Der Schlitten B des Interferometers wurde also durch die zu prüfende Schraube bewegt. Wir stellten nun einen „Etalon“ e her von der Größe der Steigung der zu untersuchenden Schraube. Diesen Etalon befestigte man auf B und suchte für einen seiner Spiegel unter Benutzung von Natrium-Licht die mittleren, hellen Interferenzstreifen; der schwarze mittlere wurde auf eine Marke, einen Strich in der

Mitte der beiden Spiegel, eingestellt und nnn eine volle Umdrehung der Schraube ausgeführt, bis der mittlere schwarze Interferenzstreifen mit der Marke im zweiten Spiegel znsammenfiel. Diese Strecke würde also, da die Entfernung der beiden Spiegel des Etalons der Steigung der Schranbe entspricht, genau eine Umdrehung derselben seln. An dem am Kopf der Schranbe befindlichen Schneckenrad R war eine Nadel befestigt, die bei jeder Umdrehung durch einen Quecksilber-Napf (in der Figur nicht gezeichnet) ging und dadnrch einen Stromkreis schloß, der eine elektrische Glocke in Tätigkeit setzte; dadurch wurde es ermöglicht, ununterbrochen die passierenden Interferenzstreifen zn beobachten, ohne dle Teilung des Schneckenrades zn lesen.

Ertönte die Glocke vor dem Erscheinen des mittleren der bunten Interferenzstreifen im zweiten Spiegel des Etalons, so wurden diejenigen Streifen, die vom Ertönen der Glocke an bis zum Erscheinen des mittieren der bunten Interferenzstreifen passierten, gezählt und erhielten das Vorzeichen Plns; im andern Falle



erhielten die Interferenzstreifen, die nach Erscheinen des mittleren bis znm Ertönen der Glocke passierten, das Vorzeichen Minus. Durch Umrechnung der Interferenzstreifen, die für jede wirkliche Umdrehung der Schranbe zn viel oder zu wenig waren, konnten dann dle Fehler direkt in Millimeter ausgedrückt werden.

Anf dieselbe Weise bestimmten wir dann anch die Fehler in einem einzelnen Gewindegang: es wurden einfach dle für $^1/_{20}$ (oder irgend einen anderen Bruchteil) einer Umdrehung passierenden Interferenzstreifen gezählt und dann dnrch Umrechnnng nnd Konstruieren der Knrve die Fehler gefunden. Bei dieser Prüfung wurde die Schranbe mittels der Schnecke s bewegt, nnd die Nadel für den Quecksilberkontakt befand sich am Kopf der Schnecke. Bei dieser Methode muß nun allerdings darauf geachtet werden, ob das Schneckenrad genau ausgeführt ist. Wäre z. B. das Schneckenrad etwas exzentrisch, so würde ein Fehler gefunden, der znm Teil im Schneckenrad liegt. Bei der aus der Figur ersichtlichen Einrichtnng unserer Schneckenräder ist es nun sehr leicht, festznstellen, ob sie korrekt sind oder nicht: es wird ein Gewindegang geprüft, dann der äußere Teil des Schneckenrades nach Lösen der Klemmschraube k um 180° verschoben (ohne dabei die Schraube selbst zu bewegen) nnd dann derselbe Gewindegang in umgekehrter Richtung nochmals geprüft. Tritt dabei derselbe Fehler wieder anf wie bei der ersten Messnng, so liegt der Fehler in der Schraube; anderenfalls im Schneckenrad.

Digitized by Google

Wie aus der Figur hervorgeht, ist sowohl der Schlitten B als auch der Teil A des Interferometers beweglich konstruiert. Wäre A nicht beweglich, so wäre es unmöglich, die ganze Schraube zu prüfen.

Nebenbei möchte ich noch bemerken, daß wir diese Konstruktion auch aus folgenden Gründen bedeutend vorteilhafter gefunden haben: es wird dadurch möglich, das Instrument in seiner ganzen Länge zu gebrauchen, und zwar kann man immer mit den bunten Interferenzstreifen beginnen, was für viele Zweke von großem Vorteil ist, und ferner kann sich das Interferometerbett bei vorkommenden Temperaturschwankungen gleichmäßig ausdehnen oder überhaupt ändern, was, wenn A aufgeschraubt ist, nie der Fall sein kann, sodaß Verdrehungen der Führungsflächen vorkommen können.

Denison-Universität, Granville, Ohio.

Referate.

Das Turmteleskop des Mount Wilson-Observatoriums.

Von G. E. Hale. *Astrophys. Journ.* **27.** *S. 204. 1908.*

Vor etwa einem Jahre veröffentlichte Hale einen Entwurf zu einem vertikalen Teleskop von gänzlich neuer Form (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 277. 1907*). Bald nachher wurde ihm die Ausführung dieses Plans durch eine Zuwendung aus der Carnegie-Stiftung ermöglicht, und jetzt ist er bereits in der Lage, über die ersten Beobachtungen mit diesem eigenartigen Instrumente zu berichten. Da die Ausführung der optischen Teile genau dem Entwurfe entspricht, so kann hierüber auf die erste Mitteilung verwiesen werden.

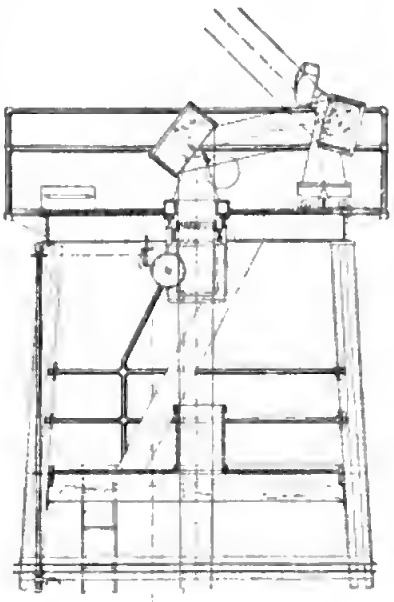


Fig. 1.

Das horizontal liegende Objektiv und die ihm das Sonnenlicht zuführenden Planspiegel werden von einem 20 m hohen Turme aus leichter Eisenkonstruktion getragen, der von einer Windmotorenfabrik geliefert wurde. Die Aufstellung der beiden Spiegel und des Objektivs auf der Oberfläche des Turms ist aus Fig. 1 zu ersehen. Es war anfangs geplant, diesen Turm noch mit einem weiteren, mit Segeltuch bespannten Gerüst zu umgeben, um die direkten Sonnenstrahlen sowie namentlich auch die Erschütterungen durch den Wind abzuhalten. Da jedoch diese Schutzhülle wieder zur Entstehung senkrechter Luftströmungen Anlaß gegeben hätte, die eine Verschlechterung der Bilder bewirken konnten, so wurden zunächst Versuche ohne den Schutzmantel gemacht. Diese gaben ein so gutes Resultat, daß der Bau des äußeren Turms überhaupt aufgegeben wurde. Während der besten Beobachtungszeit ist die Windstärke auf Mt. Wilson meistens so gering, daß keinerlei störende Erschütterungen eintreten. Gegen stärkere Stürme wurde der Turm durch ein System von Drahtseilen gesichert.

Von besonderer Bedeutung ist die durch das neue Instrument erreichte Verbesserung der Bilder. Da das Turmgerüst dicht neben dem Snow-Teleskop (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 253. 1906*) erbaut worden ist, konnten direkte Vergleichungen zwischen beiden ausgeführt werden. Diese Verbesserung hat zwei verschiedene Ursachen: erstens wurde die beim

Snow-Teleskop sehr störende Verbiegung der Spiegel durch die dauernde Sonnenbestrahlung beim Turmteleskop dadurch vermindert, daß die Spiegel außergewöhnlich dick gemacht wurden; bei Durchmessern von 43 und 56 *cm* haben sie eine Dicke von 30,5 *cm*. Auch daß statt des beim Snow-Teleskop benutzten Hohlspiegels hier ein Objektiv das Bild entwirft, wirkt im gleichen Sinne günstig; hierdings mußten dafür wieder die Nachteile des Objektivs, namentlich die unvollkommene Achromasie, in Kauf genommen werden. Während sich beim Snow-Teleskop zuweilen schon nach einer Bestrahlung von zehn Minuten die Brennweite um mehrere Zoll ändert, ist beim Turmteleskop, wenn es am frühen Morgen zu Sonnenaufnahmen benutzt wird, selbst nach einer halbstündigen Bestrahlung keine störende Brennweitenänderung zu bemerken. Erst bei längerer Benutzung nimmt die Brennweite nach und nach ab, und bei dauerndem Gebrauche steigt die Verkürzung der Brennweite gegen Mittag bis auf 10 bis 15 *cm*. Im Laufe des Nachmittags nimmt die Brennweite dann wieder allmählich zu und erreicht schließlich wieder den Wert vom frühen Morgen.

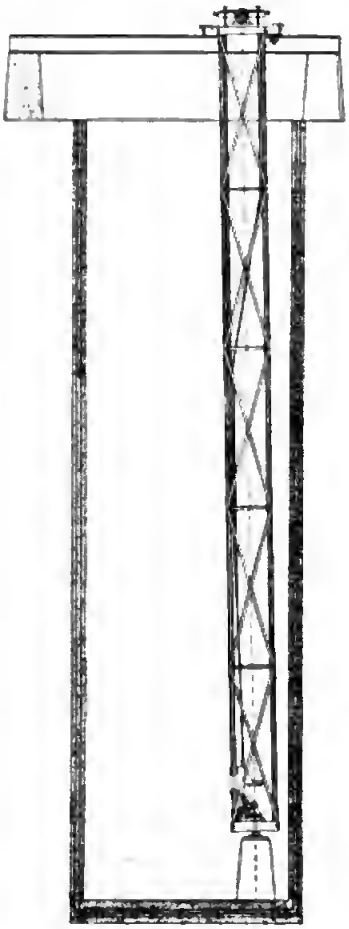


Fig. 2.

Die hier beobachtete Brennweitenänderung scheint weniger durch die direkte Sonnenbestrahlung als vielmehr durch die allgemeine Zunahme der Lufttemperatur bewirkt zu werden. Bei so enorm dicken Glaskörpern folgen wegen der sehr geringen Wärmeleitung im Glase die Kanten in höherem Grade der täglichen Temperaturschwankung als die Mitten der Flächen. Dies hat zur Folge, daß die Spiegel bei zunehmender Temperatur anstatt der planen eine mehr oder weniger konkave Oberfläche erhalten, durch welche dann eine Verkürzung der Bildweite bedingt ist. Hale hofft mit etwas dünneren Spiegeln auch diese Störung, die die Arbeiten mit dem Instrumente wegen ihres langsamen Verlaufs jedoch nur wenig beeinträchtigt, noch zu beseitigen.

Der zweite Grund der Bildverbesserung gegenüber dem Snow-Teleskop liegt darin, daß die optische Achse nicht wie bei jenem nahe über dem Erdboden verläuft, sondern sich senkrecht in beträchtliche Höhe erhebt, wobei die meistens horizontal liegenden Begrenzungsflächen von etwaigen Luftschichtungen nahezu senkrecht durchschnitten werden, sodaß die Lichtstrahlen keine merklichen Ablenkungen erfahren können. Direkte Vergleichungen haben ergeben, daß die Bildgüte im Turmteleskop stets um ein bis zwei Grade einer zehnteiligen Skale besser ist als im Snow-Teleskop. Während bei letzterem alle Arbeiten, zu denen gute Bilder nötig sind, auf eine Stunde am frühen Morgen oder am späten Nachmittag beschränkt werden mußten, kann das Turmteleskop fast am ganzen Tage hierzu verwendet werden.

Das Sonnenbild von 17 *cm* Durchmesser wird im Innern eines kleinen, unter dem Turmgerüst stehenden Hauses etwa 1,5 *m* über der Erdoberfläche entworfen. Unter diesem Hause wurde zur Aufnahme der sehr langen Spektralapparate ein runder Schacht von 2,6 *m* Durchmesser und 9,1 *m* Tiefe wasserdicht ausgemauert. In diesem Raume ist vorläufig nur ein Plangitter-Spektrograph mit einem gleichzeitig für Kollimator und Kamera benutzten Objektiv von 9,1 *m* Brennweite aufgestellt. Der ganze Spektrograph, dessen Konstruktion aus Fig. 2 zu erkennen ist, ruht in der Mitte seiner Grundplatte auf einem Zapfenlager und kann leicht um seine Längsachse gedreht werden; auf der Grundplatte ist die Montierung des Plangitters

befestigt, dessen Neigung gegen die einfallenden Strahlen vom oberen Ende des Spektrographen aus durch ein Gestänge beliebig verändert werden kann; ein zweites Gestänge dient zur Fokussierung des dicht über dem Gitter sichtbaren Objektivs. Um diesen Apparat auch als Spektroheliographen, also zur Aufnahme monochromatischer Sonnenbilder, verwenden zu können, hat Hale die Einrichtung getroffen, daß das Objektiv des Turmteleskops durch eine elektrisch angetriebene Schraube seitlich verschoben werden kann, während gleichzeitig die zur Aufnahme benutzte Platte eine entsprechende Bewegung erhält.

Später soll jedoch neben dem erwähnten Spektrographen noch ein spezieller Spektroheliograph aufgestellt werden, der auch in dem früheren Entwurfe (vgl. die Figur in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 277. 1907*) schon angedeutet war. Es ist zu erwarten, daß diese neuen, großartigen Apparate in den Händen des amerikanischen Forschers, dem die Astrophysik schon so viele Fortschritte verdankt, zu weiteren wertvollen Untersuchungen über die Physik der Sonne dienen werden. *J. H.*

Ortsbestimmung im Ballon.

Von A. de la Baume Pluvinel. *Sonderabdruck aus „l'Aérophile" 1908.*

Es wird ein Libellensextant beschrieben, der von der Firma Pontbus & Therrode in Paris nach Angaben des Verf. gebaut worden ist. Den Anstoß dazu hat der bekannte Libellenquadrant von Butenschön gegeben, von dem sich der beschriebene Sextant im wesentlichen nur dadurch unterscheidet, daß das Niveau oberhalb des Fernrohrs liegt. Dadurch wird erreicht, daß die Bewegungsrichtung des Sterns und der Blase des Niveaus im Gesichtsfelde des Fernrohrs dieselbe ist, wenn dem Sextanten durch die Hand des Beobachters kleine unbeabsichtigte Bewegungen erteilt werden, was sich bei dem in freier Hand gehaltenen Instrument nie wird vermeiden lassen. Der Verf. schlägt außerdem vor, die Empfindlichkeit des Niveaus und die Fernrohr-Vergrößerung so zu wählen, daß die Bewegungen von Blase und Stern auch von gleicher Größe werden. Wenn es durch diese Konstruktion zwar auch nicht möglich ist, Blase und Stern dauernd aufeinanderzuhalten, so sind ihre relativen Bewegungen gegen einander, die durch die unbeabsichtigten Neigungen des Sextanten hervorgerufen werden, doch viel kleiner als bei dem Butenschönschen Instrumente, bei dem Blase und Stern in entgegengesetzter Richtung laufen. Dadurch werden die Beobachtungen auch genauer, sodaß die neue Form dem Ref. ein tatsächlicher Fortschritt zu sein scheint. Die Feldbeleuchtung wird durch ein kleines und leichtes Trocken-Element geliefert, das am Sextanten selbst befestigt ist. Die erreichte Messungsgenauigkeit betrug etwa $\pm 2'$, sodaß der Sextant auch mit Vorteil auf See verwendet werden konnte, allerdings nur bei einigermaßen ruhigem Wetter.

Ferner wird ein von Baldit konstruierter Abakus beschrieben, mit dem die Höhe eines Gestirns gefunden werden kann. Da ein jeder solcher Abakus aber nur für eine bestimmte Deklination gilt und daher für jeden Stern neu berechnet und gezeichnet werden muß, so erscheint er den zahlreichen, denselben Zweck in viel umfassenderer Weise erreichenden früheren Konstruktionen nicht ebenbürtig. *E. Kohlschütter.*

Das Linear-Planimeter Weber-Kern.

Von M. Schnyder. *Schweiz. Bauztg.* **51.** *S. 124. 1908.*

Dieses neue Planimeter ist prinzipiell nicht verschieden von dem Fieguthschen (vgl. hierüber das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 221. 1902*, ferner auch die Notiz über Lippincotts Planimeter **20.** *S. 152. 1900*). Bei Fieguth-Grotthaus bewegt sich nämlich der Punkt O, in dem der Fahrarm I (OF) und der Radstab II (OR), die einen rechten Winkel einschließen, zusammentreffen (vgl. Fig. 1), auf dem Umfang eines bestimmten Kreises um einen festen Punkt als Mittelpunkt. Da jedoch der Halbmesser dieses festen Kreises ganz beliebig ist, also auch gleich ∞ angenommen werden kann, so hat Weber den Mittelpunkt in unendliche Entfernung verlegt: der Punkt O bewegt sich mittels gehärteter Stahlspitze in der Nut eines auf der Tischfläche zu befestigenden Lineals E; der Fahrarm I,

dessen Länge beliebig verstellt werden kann, ist durch den Zylinder O durchgesteckt. Auf dem Radstab H (in dem besprochenen Aufsatz als Meßarm bezeichnet) sitzt frei beweglich das Rädchen R mit scharf gezähntem Rand (bei Lippincott, Kleritj, Hamann, Fleguth u. s. f. ist nur ein *geschärfter* Rollenrand vorhanden). Der Radstab trägt ferner die Längsteilung T, an der mit Hülfe eines Nonius auf $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ *mm* abgelesen werden kann; der Nonius wird von der Rolle bei ihrer Längsverschiebung an H mitgeführt.

Die Wirkungsweise des Instruments ist die folgende: Hat sich bei Umfahrung der Fläche Q mit dem Fahrstift F das Rad R um die Strecke x auf der Teilung T des Radarms verschoben, und bedeutet a die für eine bestimmte „Einstellung" des Instruments konstante (im übrigen aber beliebig zu regulierende) Strecke OF (Länge des Fahrarms), so ist

$$Q = a \cdot x, \qquad 1)$$

d. h. es beträgt z. B. mit der Einstellung der Fahrarmlänge $a = 200$ *mm* und bei *zweimaliger* Umfahrung der Fläche Q deren Inhalt so viele *qcm*, als für x an T *mm* abgelesen werden.

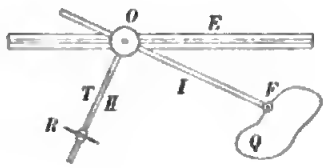


Fig. 1.

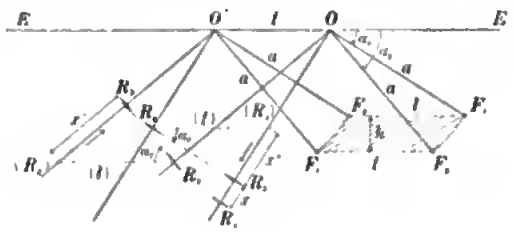


Fig. 2.

Die Theorie dieser Instrumente von Fleguth oder Weber ist sehr einfach: denkt man sich bei dem letzten die Fläche Q durch Parallelen zu E (bei Fleguth durch Kreise um den Mittelpunkt des festen Kreises, auf dem sich Q bewegt) in Streifen zerlegt, so ergibt sich für die Umfahrung eines solchen Streifens folgende Betrachtung. Es sei (Fig. 2) $F_1 F_2 F_3 F_4$ ein solcher vom Fahrstift zu umfahrender Streifen, und zwar sei $F_2 F_3 = F_4 F_1 = OO' = l$, und es seien $F_1 F_2$ und $F_3 F_4$ Kreisbögen um O und O' als Mittelpunkte und mit dem Halbmesser a. Während $F_1 F_2$ durchfahren wird, dreht sich das Rad, das von R_1 nach R_2 kommt, nur um seine Achse, ohne sich längs H zu verschieben; bei der Fahrt $F_2 F_3$, die am Schluß den Fahrarm aus der Lage OF_2 in die Lage $O'F_3$ bringt, dagegen verschiebt sich das scharfgerandete Rad auf H um die Strecke

$$x' = l \cdot \sin \alpha_2. \qquad 2)$$

Bei der Fahrt des Fahrstifts $F_3 F_4$ wird das Rad wieder nicht verschoben, sondern nur drehend von R_3 nach R_4 versetzt; bei der Fahrt $F_4 F_1$ endlich wird das Rad, *entgegen* der vorigen Verschiebung x', an H verschoben um den Betrag

$$x'' = l \cdot \sin \alpha_1. \qquad 3)$$

Die ganze Verschiebung des Rades, an der Teilung auf H als Strecke am Schluß der Umfahrung in der Differenz: Stand des Nonius nach minus Stand des Nonius vor der Umfahrung abgelesen, ist also

$$x = x' - x'' = l(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1); \qquad 4)$$

der Inhalt des umfahrenen Parallelogramms $F_1 F_2 F_3 F_4$ ist aber

$$Q = l \cdot h = l(a \sin \alpha_2 - a \sin \alpha_1) = a \cdot x, \qquad 5)$$

übereinstimmend mit 1). Bei einer beliebigen Figur fallen die Parallelen $F_3 F_2$, $F_4 F_1$, ..., die je zweimal in entgegengesetzten Richtungen zu durchfahren wären, alle weg, und es ergibt sich aus der Umfahrung des *Kontur* der Fläche (Elemente $F_1 F_2$ und $F_3 F_4$) das richtige Resultat.

Die Größe der mit dem Instrument auf einmal zu umfahrenden Fläche ist je nach der Form bis zu etwa 400 *qcm*. Mittelhöhen $x_1, x_2, \ldots$ der in Rechtecke mit derselben Basis a verwandelt gedachten Flächen $Q_1 = a \cdot x_1$, $Q_2 = a \cdot x_2, \ldots$, z. B. Indikater-Diagramme, lassen sich selbstverständlich mit dem Instrument bequem vergleichen, indem eben die Länge OF

Digitized by Google

des Fahrarms auf *a* eingestellt wird. Als besonderen Vorteil des Webor-Kornschen Planimeters hebt der Verf. hervor, daß Unebenheiten des Papiers keinen Einfluß auf die Messung haben. Auf der anderen Seite könnte angeführt werden, daß die Genauigkeit der Flächenbestimmung bei *den* Planimetern, bei denen es auf Messung der *Verschiebung* des scharfrandigen Rades ankommt, geringer ist, als bei den älteren Planimetern, bei denen die Fläche vom Maß der *Drehung* der Rolle abhängt, wofern nur bei diesen die Rolle nicht unmittelbar auf dem Papier sich abwälzt (die Scheibenplanimeter und Kugelplanimeter von Coradi).

Genauigkeitsversuche mit dem neuen Instrument werden nicht mitgeteilt, ebensowenig ist der Preis angegeben. *Hammer.*

Untersuchungen über die fraglichen Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper.

Von H. Landolt. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1908. S. 354.*

Mit der vorliegenden Mitteilung gelangen die Untersuchungen zum Abschluß, welche den Verf. während der letzten 9 Jahre beschäftigten (vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr. 18. S. 23. 1898*).

Die früheren Beobachtungen hatten überwiegend Gewichtsabnahmen in der Größe zwischen 0,02 bis 0,21 *mg* ergeben, Beträge, welche zwar teilweise innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen, deren Realität aber aus ihrem einseitigen Sinne sowie daraus zu schließen war, daß Kontrollversuche mit gleichen Gefäßen, die, mit indifferenten Stoffen gefüllt, eine gleiche Behandlung erfahren hatten, in bunter Reihe Gewichts-Zunahmen und -Abnahmen erkennen ließen.

Der Hauptschwerpunkt der gegenwärtigen Untersuchung liegt in dem eingehenden Studium zweier Fehlerquellen, welche beide eine Gewichtsverminderung der zu wägenden Reaktionsgefäße infolge der Reaktion vorzutäuschen vermögen.

Die eine Fehlerquelle besteht darin, daß durch die bei der Reaktion auftretende Erwärmung des Gefäßes die an ihm haftende Wasserhaut ganz oder teilweise verschwindet und sich erst nach einiger Zeit neu bildet. Die Versuche ergaben übereinstimmend, daß, auch bei großen Gefäßen, die Wasserhaut sich sehr schnell ergänzt; schon am dritten, möglicherweise auch schon am zweiten Tage hatte sie ihren ursprünglichen Betrag wieder erreicht.

Die zweite Fehlerquelle ist der Einfluß der Erwärmung (thermische Nachwirkung). Verf. verfuhr hier in der Art, daß er von zwei dem Volumen nach nahe gleichen Gefäßen, deren Gewichtsdifferenz bekannt war, das eine auf bestimmte Temperaturen erwärmte und die nach der Abkühlung auftretenden Gewichtsänderungen während mehrerer Wochen verfolgte. Die Stärke und Dauer der Erhitzung waren so bemessen, daß sie den bei den Reaktionsversuchen auftretenden Verhältnissen nahezu entsprachen.

Außer durch Wägung, welche in diesem Falle ja nichts anderes als die Änderung des Auftriebs in Luft bei Volumänderung des Gefäßes zufolge thermischer Nachwirkung ergibt, hat Verf. diese Volumänderung auch direkt mit Hülfe hydrostatischer Wägungen verfolgt. Die nach beiden Methoden erhaltenen Beobachtungsergebnisse sind miteinander in Einklang; so sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Art der Gefäße	Dauer und Höhe der Temperatursteigerung	Ursprüngliches Gewicht erreicht nach	Werden nach dem Erhitzen die Wägungen vorgenommen zwischen dem	so ergibt sich die Gewichtsänderung zu niedrig um
∩-förmiges Jenaer Geräte-Glas; Volumen 416 *ccm*	2-mal 1 Std. um 10°	10 Tagen	4. — 9. Tag	0,010 *mg*
	2- „ 2 „ „ 20°	13 „	3. — 6. „	0,025 „
	1- „ 1 „ „ 40°	17 „	8. — 13. „	0,042 „
Zylindrische Gefäße aus Thüringer Glas; Volumen 237 *ccm*	3-mal 1 Std. um 22°	19 Tagen	7. — 13. Tag	0,018 *mg*
	3- „ 2 „ „ 30°	21 „	11. — 14. „	0,020 „
	1- „ 1 „ „ 40°	18 „	3. — 7. „	0,016 „

Die Mitteilung enthält dann Wiederholungen früherer Reaktionsversuche: Silbersulfat und Ferrosulfat; Silbernitrat und Ferrosulfat; endlich die Elektrolyse einer wässerigen Lösung von Kadmiumjodid mittels Wechselstrom und Gleichstrom. Auch hier ergab sich zunächst, wie früher, eine scheinbare Gewichtsverminderung infolge der chemischen Reaktion; doch konnte der Verf. aus der letzten Spalte obiger Tabelle die nötigen Daten für Korrektionen entnehmen, durch deren Anbringung der einseitige Sinn der Beobachtungsergebnisse verschwand, und die Zahlen sich jetzt als gewöhnliche Versuchsschwankungen charakterisieren, wie sie eintreten würden, wenn die Reaktion ganz ohne Gewichtsänderung verläuft. Eine Diskussion der älteren Reaktionsversuche führte zu dem gleichen Ergebnis. Unter ihnen zeigen jetzt von 48 Versuchen 25 eine Abnahme, 23 eine Zunahme des Gewichtes; fast alle bleiben ferner innerhalb des für das ganze Arbeitsverfahren abgeleiteten Versuchsfehlers von $\pm 0{,}030$ *mg*, der nur in wenigen (vier) Fällen um sehr geringe Beträge überschritten wird.

Verf. spricht demnach als Schlußresultat der ganzen Arbeit aus, daß bei allen vorgenommenen 15 chemischen Umsetzungen eine Änderung des Gesamtgewichtes der Körper sich nicht hat feststellen lassen. Die beobachteten Abweichungen von der völligen Gewichtsgleichheit beruhen auf äußeren physikalischen Ursachen und sind nicht durch die chemische Reaktion veranlaßt.

Damit hält Verf. die Prüfung des Gesetzes der Erhaltung der Materie experimentell für erledigt. Etwaige Abweichungen würden jedenfalls unterhalb der hundertstel oder tausendstel Milligramm liegen. *Schl.*

Neue Studien über das Hypsometer.

Von H. Mohn. *Meteorolog. Zeitschr.* **25.** *S. 193. 1908.*

Der Verf. hat seine früheren Studien über das Hypsometer als Luftdruckmesser[1]) fortgesetzt und dazu zwei Hypsometer, Nr. 729 und Nr. 730 von C. Richter in Berlin, benutzt, während die älteren Untersuchungen mit zwei Baudinschen Instrumenten angestellt wurden.

Die Richterschen Siedethermometer haben eine sehr feine Teilung in 0,01° C., die von 95° bis 101° geht und 0,001° im Ablesefernrohr noch sehr leicht zu schätzen gestattet. Die Gradlänge beträgt 30 *mm*. Bezüglich des Siedeapparats ist zu erwähnen, daß der Dampfraum aus zwei zylindrischen Röhren von 40 *mm* Durchmesser besteht. Der untere Teil ist 15 *cm* hoch und bildet eine Verlängerung des Kessels, auf welchen er mit Reibung dampfdicht gesetzt wird. Der obere Teil hat einen etwas kleineren Durchmesser, sodaß er teleskopisch im unteren Teile verschoben werden kann. Am unteren Ende ist eine Rille, in welche ein Zwirnfaden eingelegt wird, der eine sehr gute dampfdichte Packung gibt. Die obere Öffnung des Dampfraumes wird von einer 3 *mm* dicken Kautschukplatte dampfdicht abgedeckt. In die Platte sind Löcher gebohrt, durch welche die Thermometer dampfdicht hineingesteckt werden, was einen hinlänglichen Verschluß gibt. Die Thermometer werden in der Kautschukplatte so reguliert, daß beim Sieden der herausragende Quecksilberfaden 2 bis 3 *mm* hoch ist. Die dafür anzubringende Korrektion ist ein für allemal ermittelt worden.

Als Barometer diente in Kristiania das Hauptbarometer Wild-Fueß Nr. 214, auf der Reise das Barometer Wild-Fueß Nr. 361, das vor und nach der Reise mit dem ersteren verglichen wurde.

Bei jeder Vergleichung des Siedethermometers mit dem Barometer wurden an ersterem vier und an dem Barometer eine Ablesung gemacht, die in der Mitte lag. Bei den Ablesungen am Siedethermometer sind zwei nach vorher steigender und zwei nach vorher fallender Temperatur ausgeführt worden. Das Steigen der Temperatur wurde durch zeitweiliges Verstopfen des Ausflußrohrs am Hypsometerapparat, das Fallen durch kurzes Lüften der Kautschukplatte erreicht. In der Regel stimmten die vier Ablesungen bis auf 0,001° oder

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 342. 1899.*

Digitized by Google

0,002° überein. Das Mittel aus den vier Hypsometerablesungen wurde dann nach den von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gegebenen Kaliberkorrektionen reduziert.

Um aus den Ablesungen am Barometer den wahren Luftdruck zu erhalten, mußte außer der Temperatur- und der konstanten Korrektion noch die Schwerekorrektion angebracht werden. Aus dem wahren Luftdruck ist der Siedepunkt nach Wiebes Tabellen (2. Ausgabe) berechnet. Der Unterschied zwischen dem Siedepunkt und der für Kaliber korrigierten Ablesung am Hypsometer gibt die Korrektion des Hypsometers bei der beobachteten Temperatur.

Hierbei ergab sich die Notwendigkeit einer Korrektion für die Verdunstung des Quecksilbers während des Siedens, auf die Verf. schon bei seinen früheren Hypsometerbeobachtungen aufmerksam geworden ist. Vor Beginn der Beobachtungen wird das Thermometer „gereinigt", d. h. es wird durch Umkehren und Abtrennen eines Quecksilberfadens alles etwa abgetrennte Quecksilber mit der Hauptmasse vereinigt. Alsdann wird angenommen, daß die Änderung der Korrektion für Verdunstung proportional ist der laufenden Nummer der Siedepunktsbestimmungen seit der letzten „Reinigung", mit Abzug von Eins, indem die Thermometer bei der ersten Bestimmung als rein betrachtet werden.

Für jede Vergleichung zwischen Barometer und Siedethermometer hat man dann eine Gleichung von der Form

$$c_t = c_{100} + (100^\circ - t)\,y + (n-1)\,z\,,$$

wo c_t der Unterschied ist zwischen dem wahren Siedepunkt und der für Kaliber reduzierten Ablesung am Hypsometer, c_{100} die Korrektion des Hypsometers, für Kaliber reduziert, y die Änderung der Korrektion für 1°, n die laufende Nummer der Erhitzungen nach der letzten Reinigung des Thermometerrohrs, z die Wirkung der Verdunstung des Quecksilbers bei einer Erhitzung.

Jede Station lieferte eine Reihe von Beobachtungen, in welcher die Siedepunkte wenig variieren. Bei der Ausgleichung durch die Methode der kleinsten Quadrate ergaben sich folgende Werte für die Konstanten:

	Nr. 729	Nr. 730
c_{100} =	−3,98	+ 34,03
y =	7,475	7,233
z =	0,138	0,137

Die Abweichungen zwischen den mit Hülfe dieser Konstanten berechneten Werten für c_t und den dafür beobachteten geben einen Maßstab für die Genauigkeit der Hypsometerbeobachtungen.

Ohne auf Einzelheiten einzugehen, mögen hier nur die Hauptresultate erwähnt werden.

Der m. F. einer einzelnen Beobachtung (Vergleichung zwischen Barometer und Hypsometer) übersteigt nur ein wenig ein Tausendstel eines Grades; er beträgt $\pm 0{,}00115°$ und verteilt sich auf das Hypsometer und das Barometer. Der m. F. einer Ablesung eines Hypsometers läßt sich finden, indem zwei Thermometer unter gleichen Umständen zu gleicher Zeit abgelesen werden. Dieser m. F. Δ_h ergibt sich aus den Unterschieden zwischen den Ablesungen von Nr. 729 und Nr. 730 zu $\pm 0{,}00073° : \sqrt{2} = \pm 0{,}000575°$.

Aus den Vergleichungen des Reisebarometers mit dem Hauptbarometer fand sich der m. F. einer Vergleichung zu $\pm 0{,}033$ *mm*, woraus sich der m. F. einer Beobachtung eines Barometers $\Delta_b = \pm 0{,}033 : \sqrt{2} = \pm 0{,}026$ *mm* ergibt oder in Graden ausgedrückt $\Delta_b = \pm 0{,}00099°$, da 1 *mm* 0,0038° entspricht. Hiernach sollte der m. F. einer Vergleichung zwischen Hypsometer und Barometer sein $\pm \sqrt{\Delta_h^2 + \Delta_b^2} = \pm 0{,}00114°$, während aus den Beobachtungen sich $\pm 0{,}00115°$, also befriedigende Übereinstimmung ergab.

Ein Hypsometer mißt den Luftdruck mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}000575° : 0{,}0038$ oder $\pm 0{,}015$ *mm*, die benutzten Barometer dagegen mit $\pm 0{,}033$ *mm*. Werden zwei Hypsometer zusammen benutzt, so beträgt der m. F. für die Luftdruckmessung nur $\pm 0{,}015$ *mm* $: \sqrt{2}$ oder $\pm 0{,}011$ *mm*. Das Hypsometer mißt also dreimal genauer als das Barometer.

Der Verf. teilt dann noch Beobachtungen über die Standänderungen der Hypsometer mit, die versehentlich einmal zu hoch erhitzt waren. Nachdem die dadurch hervorgerufene Standänderung zum Stillstand gekommen war, haben sich die Hypsometer während der ganzen Reise im Sommer 1907 unverändert gehalten.

Mohn faßt sein Schlußresultat dahin zusammen, daß die Konstanz der Angaben und die Genauigkeit, mit welcher das Siedethermometer sich beobachten läßt, das Instrument zur Bestimmung des Luftdrucks, der Schwerekorrektion und zur Vergleichung der Barometer an verschiedenen Stationen, deren Schwerekorrektionen bekannt sind, vorzüglich geeignet machen. Für Höhenmessungen ist es äußerst bequem, und für meteorologische Stationen gibt es die Summe der Konstanten und die Schwerekorrektion. *Hb.*

Ein neues Verfahren zur Aufnahme der Lichtverteilungskurve und des Gleichförmigkeitsgrades künstlicher Lichtquellen.

Von W. Voege. *Elektrotechn. Zeitschr.* **92**. *S. 49. 1908.*

Nachdem von Rolls (1875) und W. v. Siemens (1877) der Vorschlag gemacht war, statt eines Photometers eine Selenzelle, unter Ausschaltung des Auges als eines subjektiven Meßorgans, zu Lichtstärkenmessungen heranzuziehen, ist dieser Weg mehrfach, in jüngster Zeit z. B. von Torda, Winkler, Raupp, jedoch ohne wesentliche Erfolge, betreten worden. Es würde uns hier zu weit führen, die verschiedenen bisherigen Ausführungsformen eines „Selenphotometers" einer Kritik zu unterziehen. Auch Voege hat sich eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigt, wobei er von dem Bestreben geleitet wurde, einen Strahlungsmesser zu konstruieren, mittels dessen sich die Lichtverteilungskurve einer Lampe unmittelbar aus den Ausschlägen des Galvanometers bestimmen läßt. Er fand, daß eine Selenzelle bei den neuesten Ausführungen zwar genügende Empfindlichkeit, aber immer noch zu große Trägheit besitzt; es bestätigte sich, daß die Widerstandsänderung des Selens dem auffallenden Energiestrom nicht proportional ist; vielmehr ergibt sich ein ziemlich verwickeltes Abhängigkeitsverhältnis. Günstiger erwies sich die Thermosäule. Unter Benutzung einer solchen hat nun der Verf. einen Apparat konstruiert, der dem oben erwähnten Zwecke dient. Fig. 1 zeigt die Versuchsanordnung. Die am Ende des rechtwinklig umgebogenen Armes *a* befestigte Rubenssche Thermosäule wird in einem vertikalen Kreise um die zu messende Lampe herumgeführt, die mittels des Rohres *r* zentriert wird. Ein vor die Thermosäule gesetztes Klarglas absorbiert die dunklen Wärmestrahlen, sodaß nur die Lichtstrahlen zur Messung gelangen, und schützt die Thermosäule vor Luftströmungen. Mit dieser steht das Spiegelgalvanometer in Verbindung. In der beschriebenen Anordnung ist der Apparat für solche Lichtquellen (der ersten Art), z. B. elektrische Glühlampen, bestimmt, bei denen das Licht in allen Ausstrahlungsrichtungen die gleiche spektrale Zusammensetzung hat. In diesem Falle ist die mittels Photometers, also durch Beobachtung mit dem Auge, zu ermittelnde Lichtstärke unter jedem Ausstrahlungswinkel der in der Thermosäule erzeugten elektromotorischen Kraft, mithin auch dem Galvanometerausschlag, proportional. Wenn man den Arm *a* um die Lampe herumführt, für jede Ausstrahlungsrichtung den Galvanometerausschlag an einer Skale abliest und ihn in ein Polarkoordinatennetz einträgt, erhält man also eine der Lichtverteilungskurve ähnliche, für die *gerade benutzte* Meridianebene gültige Kurve. Man braucht dann nur noch mittels eines Photometers die Lichtstärke in einer geeigneten Ausstrahlungsrichtung in Hefnerkerzen zu

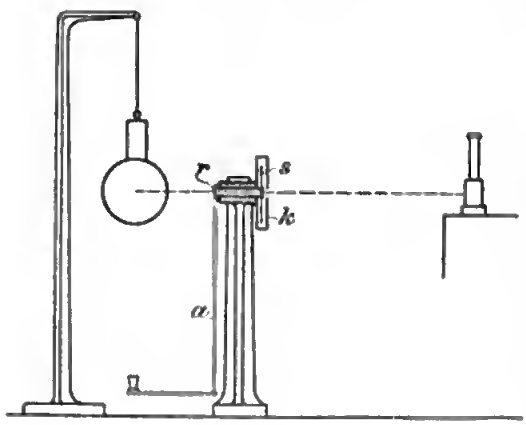


Fig. 1.

bestimmen und kann so die Kurve in dieser Einheit ausweiten. Für Lichtquellen (der zweiten Art), wie z. B. Bogenlampen, welche nicht nach allen Richtungen Licht der gleichen spektralen Zusammensetzung ausstrahlen, benutzt Veege statt der gesamten Lichtstrahlen nur einen relativ eng begrenzten Strahlenbezirk, indem er noch ein *grünes* Glas vor die Thermosäule setzt. Der Abhandlung sind sechs Kurven beigegeben, die sich auf 2 elektrische Glühlampen, 1 Gasglühlichtinvertlampe und 3 Bogenlampen beziehen.

Um die Ausschläge des Lichtzeigers selbsttätig registrieren zu lassen, läßt Veege ihn durch einen in dem feststehenden lichtdichten Kasten *k* angebrachten horizontalen Schlitz hindurch auf eine mit Bremsilber bezogene Scheibe *s* fallen, welche mit dem drehbaren Arm *a* fest verbunden ist. Beim Herumführen der Thermesäule um die zu messende Lampe erhält man dann die Lichtverteilungskurve direkt auf dem phetographischen Papier aufgezeichnet.

Solange es sich um Lichtquellen der ersten Art handelt, ist gegen die Veegesche Methede prinzipiell nichts einzuwenden. Nach Angabe des Verf. erhält man auch für die Lichtquellen der zweiten Art, wenn man mit grünem Lichte arbeitet, eine für die Zwecke der Praxis hinreichende Genauigkeit. Es wäre wünschenswert, wenn noch weitere ausgedehnte Versuche bezüglich des mit dem Apparat erreichbaren Genauigkeitsgrades angestellt würden. Was die Geschwindigkeit des Messens anbelangt, gibt Verf. an, daß sich

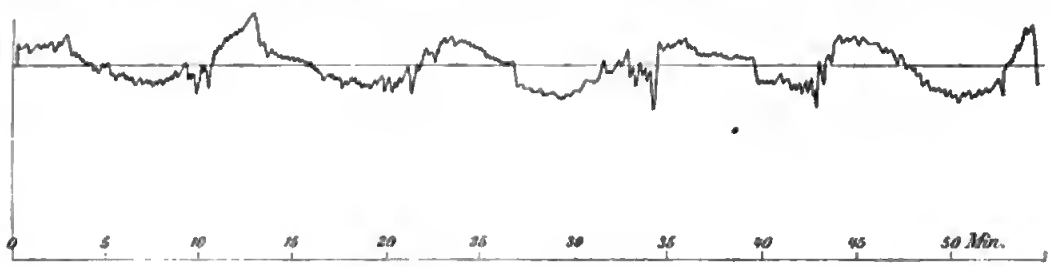


Fig. 2.

bei dem von ihm benutzten Galvanemeter der Lichtzeiger für ruhige Lichtquellen in etwa 20 Sekunden konstant einstellt, und daß sich die Durchmessung in *einer* Meridianebene in wenigen Minuten ausführen läßt. Es dürfte jedoch anzunehmen sein, daß sich diese Zeit durch Wahl eines anderen Galvanemeters verkürzen läßt. Zum Vergleiche worde hier das Bredhunsche Straßenphetemeter herangezogen, und zwar diejenige Medifikatien, bei welcher ein Spiegel um die Lampe im Kreise herumgeführt wird. Mit diesem Apparat, dessen Ablesung der zu messenden Lichtstärke streng preportional ist, kann man selbst bei einer sehr unruhig brennenden Bogenlampe in 20 Sekunden etwa 4 Einstellungen machen, und eine vollständige Durchmessung in 40 Meridianebenen dauert, wenn man in jeder Ebene von 15° zu 15° mißt, etwa 40 Minuten. Der Ref. kann dem Verfasser nicht beistimmen, wenn er sagt: „Die Aufnahme dieser Kurven durch Phetemetrierung unter verschiedenen Winkeln gegen die Horizontale gehört nun zu den zeitraubendsten, umständlichsten und bei nicht ganz ruhig brennenden Lampen auch ungenauesten Messungen, welche man sich denken kann.“ Ferner ist darauf hinzuweisen, daß Veege bei Bogenlampen mit so geringen Abständen derselben von der Thermosäule (80 bis 100 *cm*) arbeitete, daß bei Benutzung von durchscheinenden Glocken von einer strengen Anwendbarkeit des Entfernungsgesetzes nicht die Rede sein kann.

Die beschriebene Kombination von Thermesäule, Absorptionsgläsern und Spiegelgalvanemeter verwendet Veege ferner zur Konstruktion eines zweiten Apparates, welcher zur Registrierung der Schwankungen der Lichtstärke in ein und derselben Ausstrahlungsrichtung (z. B. unter 45° gegen die Herizontale) bestimmt ist. Zu diesem Zwecke ersetzt er *s* durch eine mit Bremsilberpapier bezogene Trommel, welche sich in einem mit einem horizontalen Schlitz versehenen Gehäuse befindet und durch ein Uhrwerk in 1 bis 2 Stunden einmal um ihre horizontale Achse herumgedreht wird. Bei ganz ruhigem Lichte entsteht

Digitized by Google

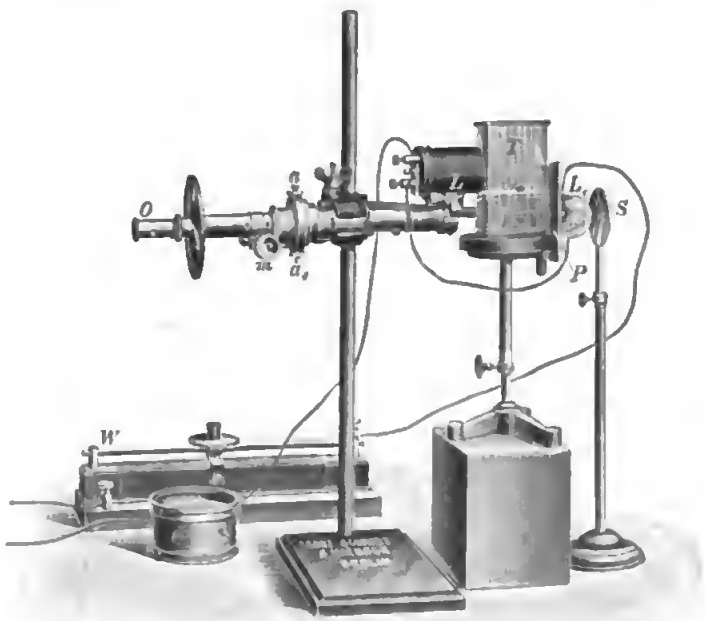
eine gerade Linie auf dem Bromsilberpapier, bei mehr oder minder großen Schwankungen des Lichtes eine die Güte der Lampe hinsichtlich ihres Gleichförmigkeitsgrades charakterisierende Kurve. Verf. teilt fünf Kurven mit. Die eine gilt für eine elektrische Glühlampe, die an das Netz des Hamburger Elektrizitätswerkes angeschlossen war, wobei ein Funkeninduktor abwechselnd ein- und ausgeschaltet wurde. Die übrigen Kurven beziehen sich auf Bogenlampen, welche mit den zugehörigen Milchglasglocken versehen waren und durch eine Akkumulatorenbatterie gespeist wurden. Fig. 2 gibt beispielsweise die Schwankungen einer älteren, gewöhnlichen Gleichstromlampe; die langsameren periodischen Schwankungen rühren von dem Wandern des Lichtbogens, die schnelleren von dem Regulieren der Lampe her. Dieses selbstregistrierende Instrument ist als ein wesentlicher Fortschritt zu begrüßen.

Die beiden Apparate werden von der Firma A. Krüß in Hamburg, Adolphsbrücke 7, hergestellt. *E. Lb.*

Das Königsche Spektralphotometer in neuer Anordnung und seine Verwendung zur Bestimmung chemischer Gleichgewichte.

Von J. Hildebrand. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **14**. *S. 349. 1908.*

In der vorliegenden Arbeit wird ein etwas verändertes Königsches Photometer zur Lösung physikalisch-chemischer Fragen durch spektrale Absorptionsmessungen benutzt. Das Photometer (vgl. die Figur) ist dem Wannerschen Pyrometer, d. h. dem für pyrometrische Zwecke vereinfachten Königschen Apparate mit Spektroskop mit gerader Durchsicht, nachgebildet worden. Während jenes aber meist auf eine bestimmte Wellenlänge eingestellt ist,



die nur innerhalb enger Grenzen verändert werden kann, ist diesem dadurch, daß das Okularrohr O mit Hülfe einer Mikrometerschraube m um die Vertikalachse $a\,a_1$ geneigt werden kann, die Veränderlichkeit des Spektralgebietes wiedergegeben werden. Zur Beleuchtung der einen Spaltblifte dient eine Wolframlampe L; eine zweite L_1 ist hinter dem Troge T angebracht, in dem sich die absorbierende Flüssigkeit befindet; P ist eine Mattscheibe, S ein Hohlspiegel, der zur Vergrößerung der spezifischen Lichtintensität auf P dient. Verf. zeigt, daß die Verwendung nur *einer* Lichtquelle zur Vermeidung von Fehlern durch Helligkeitsänderungen der Lampe nicht erforderlich ist, daß es vielmehr genügt, die beiden möglichst gleichartigen Glühlampen hinter einander in denselben Stromkreis zu schalten.

Nachdem die Brauchbarkeit des Instrumentes zu Absorptionsmessungen an Lösungen von Kupfer- und Kobalt-Sulfat erprobt ist, wird die für die Alkalimetrie wichtige Frage nach dem Dissoziationsgrade des Phenolphthaleins in Abhängigkeit von der Konzentration der Wasserstoffionen eingehender untersucht. Ist die Größe der Molekularabsorption des gefärbten Ions bekannt, so läßt sich umgekehrt aus der Gesamtkonzentration des Indikators

und der Absorption die Molekularkonzentration des gefärbten Ions, also auch der Dissoziationsgrad bestimmen. Die Molekularabsorption des Phenolphthaleïns selbst wurde an Lösungen bekannter Konzentration, die durch Ammoniak vollständig dissoziiert waren, bestimmt. Die eigentlichen Messungen wurden an Lösungen von Ammoniak- und Salmiakgemischen, deren Wasserstoffionenkonzentration sich berechnen läßt, mit bestimmter Phenolphthaleïnkonzentration ausgeführt. Die zur Berechnung der Dissoziationskonstante

$$K = \frac{[H^{\cdot}] \cdot [Ph']}{[H\,Ph]}$$

notwendigen Konzentrationen: $[H^{\cdot}]$ der Wasserstoffionen, $[Ph']$ des gefärbten Phenolphthaleïnions, $[H\,Ph]$ des undissoziierten Moleküls sind damit gefunden. Das Ergebnis ist, daß die Konstante für Dissoziationen von 65% bis 5% nahezu unverändert bleibt, für geringere Dissoziationen dagegen aus nicht ersichtlichen Gründen abnimmt. Ihr absoluter Wert $1{,}7 \cdot 10^{-10}$ weicht von dem älteren Werte von Salm ($8{,}0 \cdot 10^{-10}$) nicht unerheblich ab. *Hffm.*

Nullinstrument für Ionisationsmessungen.

Von J. S. Allen. *Phil. Mag.* **14.** *S. 712. 1907.*

Radioaktive Messungen nach der Methode der konstanten Ausschläge.

Von H. L. Bronson. *Amer. Journ. of Science* **19.** *S. 185. 1905.*

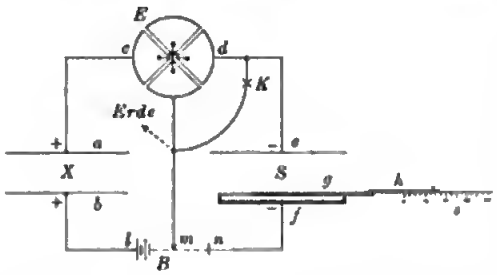
Das von Allen verwandte Meßverfahren gründet sich auf das von Bronson im Jahre 1905 beschriebene. Da über die Bronsonsche Methode hier noch nicht referiert worden ist, soll dies zunächst nachgeholt werden. Bronson schlug statt der vielfach benutzten, nicht ganz einwandfreien Methode, Ionisationsströme in Gasen durch die Beobachtung der Winkelgeschwindigkeit der Nadel eines Quadrantelektrometers zu messen, die folgende vor. Die Nadel des Elektrometers befindet sich auf hohem Potential; ein Quadrantenpaar liegt an der Erde; das andere Quadrantenpaar ist einerseits mit der einen Platte des Meßkondensators, andererseits durch einen sehr großen Widerstand mit der Erde verbunden. Die andere Platte des Meßkondensators liegt am freien Pol einer einseitig geerdeten Batterie. Ist nun die Luft im Meßkondensator ionisiert, so fließt vom freien Pol der Batterie durch den Kondensator und den großen Widerstand ein Strom zur Erde. Das nicht geerdete Quadrantenpaar muß dann gegen die Erde eine Potentialdifferenz zeigen, die gleich ist dem Spannungsabfall in dem großen, einseitig geerdeten Widerstande. Gehorcht der Widerstand, der wegen der Kleinheit der Ionisationsströme (10^{-12} bis 10^{-10} Amp.) sehr groß sein muß, dem Ohmschen Gesetz, so ist dieser Spannungsabfall, also die Potentialdifferenz zwischen beiden Qudrantenpaaren und damit der Ausschlag des Elektrometers, dem in dem Meßkondensator fließenden Ionisationsstrom proportional. Die Schwierigkeit liegt darin, einen so großen Widerstand von genügender Konstanz herzustellen, der dem Ohmschen Gesetz gehorcht. Bei Benutzung von Widerständen der Größenordnung 10^{11} Ohm aus reinem Amylalkohol und aus Graphit auf Glas zeigte sich zwar die Verwendbarkeit der Methode, die Resultate waren aber unbefriedigend, weil die Widerstände nicht genügend konstant waren. Auf Vorschlag Rutherfords verwendete deshalb Bronson einen „Luftwiderstand." Eine mit Radiotellur überzogene Wismutplatte wird geerdet und zur Vermeidung von Kontaktpotentialdifferenzen mit Aluminiumfolie bedeckt. Eine Aluminiumplatte wird parallel zur Wismutplatte angebracht und mit demselben Quadrantenpaar verbunden wie der Meßkondensator. Das Ganze wird gegen Luftströmungen geschützt. Infolge des sehr langsamen Zerfalls des Radiotellurs bleibt der Ionisationsstrom im „Luftwiderstand" für jede nicht zu lange Zeit konstant. Außerdem gehorcht er innerhalb eines weiten Meßbereichs dem Ohmschen Gesetz. Wie weit letzteres der Fall ist, muß geprüft werden[1]).

Die beschriebene Methode ist einerseits theoretisch einwandfrei und deshalb genauer, als das gewöhnliche Verfahren zur Messung von Ionisationsströmen (s. o.), andererseits

[1]) E. Rutherford, Die Radioaktivität. Deutsche Ausgabe von E. Aschkinaß. Berlin, J. Springer 1907. *S. 108.*

gestattet sie eine sehr bequeme Messung der Ionisationsströme bei schnell veränderlichen Aktivitäten, wo die Methode der Winkelgeschwindigkeit vollkommen versagt.

Allen benutzt statt der Ausschlagsmethode von Bronson eine Nullmethode. In der Figur ist X der Versuchskondensator, in dem durch die betreffende radioaktive Substanz der zu bestimmende Ionisationsstrom erzeugt wird, S der dem Bronsonschen Luftwiderstand entsprechende Hülfskondensator. Die untere Platte desselben besteht aus einer flachen Messingschachtel f mit dem Deckel g aus Messing, welcher mittels eines langen Holzstabes h um gemessene Strecken hin- und hergeschoben werden kann. Die Innenseite der Schachtel f ist mit einer dünnen gleichmäßigen Schicht aus Uranoxyd bedeckt, das für die vorliegenden Zwecke sehr geeignet ist, weil es keine Emanation abgibt und betreffs seiner radioaktiven Wirkung sehr konstant ist. Die Schaltung ist folgende. Die oberen Platten a und c der Kondensatoren X und S sind mit dem einen Quadrantenpaar $c\,d$ eines Dolezalekschen Quadrantelektrometers E verbunden, die unteren Platten b bezw. f liegen an dem positiven Pol l bezw. am negativen Pol n einer Batterie B, deren Mitte m ebenso wie das zweite Quadrantenpaar dauernd geerdet ist. Ein Kontaktschlüssel K erlaubt außerdem, das Quadrantenpaar $c\,d$ zu erden. Ist $c\,d$ nicht geerdet, so hat es offenbar dann gleiches Potential mit der Erde, und das Elektrometer zeigt keinen Ausschlag, wenn durch den Kondensator X ebensoviel positive Elektrizität zufließt wie negative durch den Kondensator S, d. h. in dem Falle, wo die Ionisationsströme in X und S einander gleich sind. Ist ein unbekannter Ionisationsstrom in X zu messen, so verfährt man folgendermaßen. Das Elektrometer zeige, nachdem die Erdung mittels des Schlüssels K aufgehoben ist, eine positive Ladung des Quadrantenpaares $c\,d$ an. Dann wird der Deckel g der Schachtel f so weit geöffnet, daß die Nadel gerade nach der umgekehrten Richtung geht, hierauf so weit geschlossen, daß sie gerade wieder nach der ersten Richtung geht. Das Mittel aus den beiden Stellungen des Schiebers wird als Gleichgewichtslage angenommen, d. h. als die Lage, für welche die Ionisationsströme in X und S einander gleich sind. Die Einstellung ist sehr genau. Die den verschiedenen Öffnungen der Schachtel entsprechenden Ionisationsströme müssen empirisch bestimmt werden. Die Ionisation steigt, wenn die Schachtel geöffnet wird, zunächst sehr stark, dann immer langsamer an. Wie die Kalibrierung auszuführen ist, ist in der Arbeit genau auseinandergesetzt. *H. Sch.*



Bücherbesprechungen.

M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente. Nach Quellen bearbeitet. gr. 8°. VIII, 223 S. m. 90 Fig. u. 1 Tab. Berlin, J. Springer 1907. 6 M.

Der Verf. der Geschichte des photographischen Objektivs schenkt uns in diesem Werk eine solche der binokularen Instrumente bis zum Jahre 1900. Wie in dem früheren Werk ist ein orientierender theoretischer Teil vorausgeschickt, der sich durch eine fast zu gedrängte Kürze auszeichnet. Vergleicht man ihn mit dem von demselben Verf. stammenden Abschnitt VIII A der 2. Auflage der „Theorie der optischen Instrumente" von S. Czapski, so erkennt man, welchen Fortschritt die Forschungen des Verf., über die in *dieser Zeitschr. 27. S. 349. 1907* eingehend referiert wurde, bedeuten, wie es ihm nun durch eine konsequente Anwendung und Weiterführung der Abbeschen Theorie der Strahlenbegrenzung gelang, eine geschlossene Übersicht über die Wirkungsweise dieser Instrumente in Verbindung mit dem Auge zu geben, ohne auf die mannigfachen verwirklichten Formen einzugehen, die wir erst in dem folgenden, historischen Teil kennen lernen, und deren Wirkungen

Digitized by Google

auf Grund der Theorie kurz und treffend charakterisiert werden können. Von längeren theoretischen Ausführungen in diesem Teil seien hier besonders hervorgehoben die Behandlung des Brewsterschen Stereoskops, des Doveschen Fernrohrstereoskops, des Gruhlschen Spiegelstereoskops, des Claudetschen Stereomonoskops, der Einrichtung für Stereoaufnahmen von Barnard und Brown. Am Ende des theoretischen Teils wird das in den früheren Studien mitgeteilte Kriterium, ob Ortho- oder Pseudoskopie vorliegt, auf den Fall der unterbrochenen Abbildung ausgedehnt.

Die Doppelfernrohre und die binokularen Mikroskope waren die ersten binokularen Instrumente; sie gaben im 17. u. 18. Jahrhundert den Anlaß, sich mit dem binokularen Sehen zu beschäftigen. Trotzdem es in dieser Zeit nicht an bemerkenswerten Experimenten und Ansätzen zu einer Theorie fehlte, ja von R. Smith bereits eine stereoskopische Zeichnung angefertigt wurde, war es dem Genie Ch. Wheatstones vorbehalten, nach der experimentellen wie theoretischen Seite hin die Wissenschaft von den binokularen Instrumenten zu begründen. Die vierziger und fünfzigor Jahre des vorigen Jahrhunderts wurden so eine Zeit des allgemeinen Interesses am Stereoskop. In England wird namentlich die Wiedergabe der Erscheinungen mit Hülfe der eben erfundenen Photographie eifrig und erfolgreich betrieben; es sei nur an die Mondaufnahmen von Warren de la Rue erinnert. In diesen Jahrzehnten wie in dem folgenden erfährt das stereoskopische Mikroskop namentlich durch Wenham eine mannigfaltige Ausbildung. Photographische und mikroskopische Gesellschaften sorgen für Verbreitung der Kenntnisse und Arbeitsmethoden. Eine stereoskopische Zeitschrift, die sich allerdings bald auf die Wiedergabe von Stereogrammen mit beschreibendem Text beschränkte, erschien und vermochte sich sieben Jahre lang zu behaupten. Das Brewstersche Stereoskop in der praktischen Ausgestaltung von J. Duboscq wurde durch die Londoner Industrieausstellung vom Jahre 1851 bekannt und fand die weiteste Verbreitung. In Deutschland suchte man mit einem Minimum von Apparaten auszukommen, man bebalf sich mit Zeichnungen symmetrischer Körper. Hier wurde besonders die physiologische Erkenntnis gefördert; neben Dove und Helmholtz müssen Oppel und Rollmann genannt werden. In dieser Zeit gewann auch das holländische Doppelfernrohr seine Verbreitung, nicht zum wenigsten durch die Bestrebungen von R. Voigtländer, der schon 1823 ein österreichisches Privilog nachsuchte, und der sich für die mechanische Konstruktion der Hülfe J. Ph. Lemières und später für die Berechnung der optischen Teile der Hülfe J. Petzvals zu erfreuen hatte. Der Glanzzeit folgte in den 70-er und 80-er Jahren eine Zeit des Tiefstandes des Interesses, das erst durch die Einführung der Prismenfernrohre mit erweitertem Objektivabstand und des Greenoughschen Mikroskopes durch Abbe wiederbelebt wurde. Jetzt wurden auch die stereoskopischen Meßmethoden für militärische Entfernungsmesser wie für geodätische Instrumente der praktischen Verwirklichung entgegengeführt; der Bericht über die in Vergessenheit geratenen Vorschläge der Rollet, Mach, Harmer und anderer gehört zu den interessantesten Teilen des Buches.

Der angehängte systematische Teil will die Verwertung des zusammengetragenen Materials durch eine systematische Anordnung erleichtern. Für jedes der 27 Teilgebiete, die vielfach noch Unterteilungen enthalten, ist das früher Geleistete chronologisch zusammengestellt, sodaß die Vorteile eines idealen Sachregisters geboten werden. Die Grundsätze für das auf einem besonderen Blatt gegebene Einteilungsschema wurden aus der in der Einleitung gegebenen Theorie abgeleitet. Die Unterscheidung der Fälle des einzelnen Raumes und der zwei einander durchdringenden Räume ermöglichte eine sachgemäße Einordnung der Meßinstrumente, ebenso wie die Unterscheidung der Beobachtung und der Analyse des Raumbilds eine solche der verschiedenen Heteromorphien. Die übliche Unterscheidung der subjektiven und objektiven Betrachtung wurde durch die der unterbrochenen und ununterbrochenen Abbildung ersetzt. Endlich verdient das mit großer Sorgfalt angefertigte, 20 Seiten starke Literaturverzeichnis Hervorhebung.

Wir schließen mit den beherzigenswerten Worten des Verf.: „Wenn unsere theoretische Optik, die bisher fast stets ihre Tätigkeit einstellte, sobald die Beziehung des Bildes zum

Instrument erledigt war, sich darauf besinnt, daß für den sehenden Menschen dieses Bild auch noch auf das Auge zu beziehen ist, wenn sie also die alte „Sehe-Kunst“ aus der Rumpelkammer hervorholt, so werden auch die binokularen Instrumente ihre richtige Stellung in dem System der Optik erhalten.“ *A. K.*

Th. Tapla, Grundzüge der Niederen Geodäsie. II. Instrumentenkunde. gr. 8°. VIII, 279 S. m. 25 lith. Taf. Leipzig und Wien, F. Deuticke 1908. 9 M.

Mit diesem stärksten, II. Teil (der III. erschien 1906) ist nun die „Niedere Geodäsie“ des Verf. beendigt. Der II. Teil kommt, wie der Titel sagt, für unsere Zeitschrift vor allem in Betracht; übrigens ist der Rahmen der „Instrumentenkunde“ nicht durchaus festgehalten: z. B. entwickelt bei Gelegenheit der Beschreibung der Instrumente zur barometrischen Höhenmessung der Verf. dieses Kapitels, Prof. J. Liznar, auch die barometrische Höhenformel und die Fehler der barometrisch bestimmten Höhenunterschiede wie überhaupt die Anwendung der Barometer, u. s. f.

Trotzdem das Buch für *Anfänger* bestimmt ist, ist in den meisten Abschnitten nach einer gewissen Vollständigkeit gestrebt; in andern sind freilich wichtige Instrumente gar nicht oder nur nebenbei erwähnt, vgl. z. B. den Abschnitt G., „Instrumente zur optischen Distanzmessung“ oder den II. Anhang, „Photogrammetrie“, von Oberforstrat Prof. Wang bearbeitet, dem freilich nur 15 S. (und 3 Taf.) zur Verfügung standen, der sich aber ganz auf die ältere Phototopographie beschränkt und die Parallaxenphotogrammetrie nur im Eingang erwähnt.

Neues wird man in einem Buch über geodätische Instrumente, dessen Haupttendenz die erste Einführung der Studierenden in den Gegenstand ist, nicht erwarten. Das vorliegende Werk und namentlich dieser II. Teil wird seinem Zweck gerecht werden können; besonders auch die klar gezeichneten, z. T. schematischen oder halbschematischen Figuren sind anzuerkennen. *Hammer.*

E. Hammer, Der logarithmische Rechenschieber und sein Gebrauch. 4. Aufl. gr. 8. VIII, 80 S. m. 6 Fig. Stuttgart, K. Wittwer 1908. 1 M.

Das jetzt in vierter Auflage vorliegende Büchlein verfolgt den Zweck, dem Besitzer eines Rechenschiebers (üblicher Ausführung) eine genaue Anweisung zum praktischen Gebrauch dieses Instrumentes zu geben. Auch die Geschichte des Rechenschiebers und seine Theorie finden in dem Buche Berücksichtigung. Was es aber besonders brauchbar und lesenswert macht, auch für jemand, der im Gebrauch des Apparates schon hinreichend bewandert ist, das sind die zahlreichen, sich auf die wirkliche Praxis des Instrumentes beziehenden Erfahrungen, Beispiele, Hinweise auf spezielle Anwendungsgebiete u. s. w. Diese dem praktischen Gebrauch des Apparates entnommenen Anleitungen sind wohl zu unterscheiden von den vielen Rechnungsvorschriften und Regeln, die sich häufig in den üblichen Erläuterungen zu den Rechenschiebern finden, und die oft viel zu kompliziert sind, als daß man sie in vorkommenden Fällen sofort zur Hand hätte; wer übrigens überhaupt beim Gebrauche eines Rechenschiebers derartige Regeln nötig hat, sollte lieber auf das Instrument verzichten.

Hinsichtlich der Handhabung des Apparates sei noch eine Bemerkung gemacht: Nach Ansicht des Ref. ist es mit Rücksicht auf das Instrument nicht empfehlenswert, sich der Methode (z. B. bei der Berechnung einer Kubikwurzel) zu bedienen, bei der die Zunge verkehrt eingeschoben wird. Die Instrumente sind, wohl infolge unvermeidlicher Fabrikationsmängel, nicht alle gleichmäßig genug gebaut, sodaß manchmal bei verkehrt eingeschobener Zunge ein Sperren des Stabes eintritt, das später, wenn die Zunge wieder in der gewöhnlichen Lage benutzt wird, ein zu lockeres Gehen zur Folge haben kann.

Die kleine Schrift ist allen zu empfehlen, die mit dem Rechenschieber praktisch zu tun haben. *Rt.*

Neues Preisverzeichnis von R. Fuess in Berlin-Steglitz.

Katalog Nr. 113 über Spektrometer, Spektralapparate, Spektrographen, Refraktometer und Hülfsapparate. gr. 8°. 55 S. m. 80 Abbildgn.

Der vorliegende Katalog ist der erste zusammenfassende, den die Firma über die genannten Apparate herausgibt. Mit Hülfe von zahlreichen guten Abbildungen und kurzen, klaren Beschreibungen und Anweisungen gibt er eine vortreffliche Übersicht über die zahlreichen Instrumente und Vorrichtungen, die die Firma auf dem bezeichneten Gebiete liefert. Auch die Anordnung ist, abgesehen von dem Inhalt der letzten Seiten, klar und übersichtlich.

Ein großer Teil der aufgeführten Apparate ist den Lesern dieser Zeitschrift wohlbekannt. Demgemäß wird in dem Text häufig auf diese Zeitschrift verwiesen, außerdem aber noch häufiger auf das von C. Leiß, dem Abteilungsvorstand der Firma, im Jahre 1899 herausgegebene Buch „Die optischen Instrumente der Firma R. Fuess".

In dem ersten der acht Abschnitte werden Spektrometer aufgeführt und unter ihnen als erstes ein großes Präzisions-Instrument nach Paschen. Bei diesem steht der Kollimator fest, während das Fernrohr mit den beiden Ablesemikroskopen drehbar ist. Der (verdeckte) Teilkreis kann außerdem für sich allein oder in Verbindung mit dem Tischchen gedreht werden. Er hat 5 Minuten-Teilung. Ein Trommelteil der Mikroskope entspricht 1 Sekunde. Die Objektive haben 400 *mm* Brennweite und 40 *mm* Öffnung. Eine Vorrichtung zur Einstellung des Minimums der Ablenkung läßt sich leicht anbringen.

Es folgen mehrere einfachere Spektrometerformen und darauf das in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 340. 1905* beschriebene Präzisions-Polarisations-Spektrometer nach Voigt sowie eine einfachere Ausführung des letzteren.

In dem zweiten Abschnitt „Attribute für Spektrometer" sind Meßspalte (einfache und doppelte) mit symmetrischer Verschiebung sowie Prismen der verschiedensten Art (auch Flüssigkeitsprismen) aufgeführt, darunter solche aus dem von der Firma Schott & Gen. hergestellten Ultravioletglas, ferner Vorrichtungen zur Untersuchung des Polarisationszustandes des Lichts, die nachträglich an das Fernrohr bezw. den Kollimator geschraubt werden können. Bei einer solchen Vorrichtung (nach Liebisch) wird der Polarisator mit drei Schrauben auf den Objektivkopf geklemmt, während der Analysator, mit dem der Kompensator durch einen festen Arm verbunden ist, durch einen Klemmring am Objektivende des Fernrohrs befestigt wird. Die drei Teilkreise (vom Polarisator, Analysator und Kompensator) haben ½ Grad-Teilung und Minuten-Ablesung. Unter den übrigen Zubehörteilen ist ein Absorptionsgefäß (nach Marchlewski) mit veränderlichem Abstand der Fenster zu nennen. Die Schichtdicke der absorbierenden Flüssigkeit läßt sich bei ihm meßbar von 0 bis 15 *mm* verändern. Weiter sind hier die lineare Thermosäule (Ruhens) und das Linearbolometer (Lummer und Kurlbaum) sowie das Thorpesche Gitter aufgenommen.

Der nächste Abschnitt „Spektralapparate und Spektroskope" bringt außer Spektroskopen nach Kirchhoff und Bunsen und Taschenspektroskopen verschiedener Art das Handspektrobolometer nach Nutting und ähnliche Ausführungen sowie das auch in dieser Zeitschrift beschriebene Handspektroskop für Arbeiten im Ultraviolett (*s. diese Zeitschr.* **26.** *S. 307. 1906* und **27.** *S. 374. 1907.*)

Der vierte, etwas unklar: „Verschiedene Spektrometer und Spektralapparate" überschriebene Abschnitt enthält zunächst einen Spektralapparat mit konstanter Ablenkung. Er ist mit dem Prisma ausgestattet, das Loewe in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 274. 1907* als Prisma von Pellin und Broca anführt. Ferner finden wir den Wülfingschen Monochromator (*diese Zeitschr.* **18.** *S. 209. 1898*), und weiter sind das neue, vereinfachte Interferenz-Spektroskop nach Gehrcke sowie Michelsons Interferometer in der Ausführung von Hilger aufgeführt.

Der folgende Abschnitt enthält die Schumannschen Spektrographen (*diese Zeitschr.* **17.** *S. 321. 1897*) in zwei Modellen und Nebenapparate dazu, der nächste über „Gitter-Spektrographen" die Einzelteile (Mikrometerspalt, Gitterteil, Kamerateil) für einen Konkav-Gitter-Anbau.

Es folgen dann die Refraktometer, unter denen das bekannte Kristallrefraktometer Leißscher Konstruktion (mit Abbescher Hoibkugel) hervorzuheben ist (*diese Zeitschr. 22. S. 331. 1902*). Davon sind auch vereinfachte Formen beschrieben.

Der letzte Abschnitt enthält die Uhrwerk-Heliostaten, und zwar zunächst die bekannten Fuessschen Spiegel-Heliostaten in mehreren Ausführungen und danach den Heliostaten mit Linsenkombination nach A. M. Mayor (*diese Zeitschr. 18. S. 276. 1898*).

Den Schluß des Verzeichnisses bildet eine Anzahl Hülfsapparate, nämlich Apparate zur Ausmessung von Photogrammen, ein Interferenz-Sphärometer, ein einfacher Apparat zur Prüfung von Planflächen nach der Oertlingschen Methode und allerlei Spektrallampen, darunter die Beckmannschen. *E. Br.*

Neu erschienene Bücher.

E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. 14.—16., neubearb. Aufl., hrsg. v. Prof. Dr. W. König. gr. 8°. X, 631 S. m. 438 Fig. u. 1 farb. Spektraltaf. Leipzig, J. A. Barth 1908. 6,60 M.; geb. in Leinw. 7,50 M.

E. Gerard, *Mesures Électriques. Étalons et instruments: essais mécaniques, photomécaniques, magnetiques et électriques; etc. Leçons données à l'Institut électrotechnique Montefiori.* 3. Aufl. 8°. 711 S. m. 304 Fig. Paris 1908. 10 M.

J. G. Böhm, Die Kunst-Uhren auf der k. k. Sternwarte zu Prag. Hrsg. v. Sternw.-Dir. Prof. Dr. L. Weinek. 31×24 *cm*. XVII, 48 S. m. 21 Lichtdr.-Taf. Prag, J. G. Calve 1908. Kart. 18,60 M.

Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. Hrsg. im Auftrage der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Leipzig, München u. Wien sowie unter Mitwirkg. zahlreicher Fachgenossen. IV. Bd. in 4 Teilbdn. Mechanik. Red. v. F. Klein u. C. Müller. I. Tl. I. Abtlg. 4. Heft. Lex. 8°. XVI u. S. 485—691 m. 35 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1908. 7,80 M.

1. Tl. 1. Abtlg. vollständig: 20,40 M.; geb. in Halbfrz. 24 M.

— Dasselbe. IV. Bd. 2. Tl. Astronomie. Red. v. K. Schwarzschild. 2. Heft. Lex. 8°. S. 195 bis 334. Ebenda 1908. 4 M.

F. Klee, Die Geschichte der Physik an der Universität Altdorf bis zum Jahre 1650. gr. 8°. VIII, 180 S. m. 21 Abbildgn. Erlangen, M. Mencke 1908. 2 M.

F. Fischli, Das Verhalten der meteorologischen Elemente u. Erscheinungen in der Vertikalen. gr. 8°. 129 S. m. 8 Tab. u. 13 Taf. Bern, G. Grunau 1908. 5 M.

E. E. Fournier d'Albe, Die Elektronentheorie. Gemeinverständliche Einführg. in die moderne Theorie der Elektrizität u. des Magnetismus. Übers. v. Priv.-Doz. Dr. J. Herweg. gr. 8°. VII, 332 S. m. 35 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1908. 4,80 M.; geb. in Leinw. 5,60 M.

E. Mach, Die Mechanik, in ihrer Entwickelung historisch-kritisch dargestellt. 6., verb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XVIII, 576 S. m. 257 Abbildgn. Leipzig, F. A. Brockhaus 1908. 8 M.; geb. 9 M.

Handbuch der Elektrotechnik. Hrsg. v. Prof. Dr. C. Heinke. Lex. 8°. Leipzig, S. Hirzel.

II. Bd. 4.—6. Abtlg. Die Meßtechnik, von C. Heinke, J. Kollert, R. O. Heiorich, D. Borcovitz u. R. Ziegenberg. 4. Abtlg.: C. Heinke, Wechselstrommessungen, Wellenstrommessuogen u. magnetische Messungen. Mit 285 Abbildgn. — 5. Abtlg.: R. O. Heinrich u. D. Bercovitz, Die technischen Meßinstrumente. Mit 91 Abbildgn. u. 1 Taf. — 6. Abtlg.: R. Ziegeoberg, Die Elektrizitätszähler. Mit 190 Abbildgn. — XVIII, S. 3—330; VI, 85 u. IX, 208 S. 1908. Geb. in Leinw. 24 M.

E. Guyon, *Manuel des Instruments Nautiques.* 8°. 135 S. m. Taf. u. Fig. Paris 1907. 3,50 M.

L. Schlesinger, Vorlesungen üb. lineare Differentialgleichungen. gr. 8°. X, 334 S. m. 6 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1908. 10 M.; geb. in Leinw. 11 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Prof. Dr. R. Straubel.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **September 1908.** Neuntes Heft.

Ein Gitter-Spektroskop mit einer nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube.

Von

F. Löwe in Jena.

(Mitteilung der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

Während bei einer wissenschaftlichen spektroskopischen Untersuchung die Eichung der Mikrometerschraube oder der Wellenlängenskale des Spektroskopes einen selbstverständlichen Teil der Arbeit bildet, zieht der Praktiker es vor, mit einem Apparate zu arbeiten, an dem er die Wellenlänge ohne weiteres ablesen kann.

Diesem berechtigten Wunsche ist von den Verfertigern der Spektroskope durch die nach Wellenlängen, meist nach $\mu\mu$, bezifferten Wellenlängenskalen insbesondere der Browningschen Handspektroskope und größerer Prismenspektroskope[1]), durch eine auf einer Schraubenlinie angeordnete Mikrometerteilung eines festarmigen Spektroskops[2]) und durch eine nach Wellenlängen bezifferte Sinusschraube eines Gitterspektroskops[3]) Rechnung getragen worden. Für die ohne Kenntnis des letzterwähnten Typus erfolgte Konstruktion des zu beschreibenden Gitterspektroskops war die Absicht maßgebend, ein Instrument zu schaffen, das unbeschadet seiner Brauchbarkeit für eine bequeme Analyse der Emmissionsspektra mit besonderen Einrichtungen für die Messung der in der Farbstoffanalyse so wichtigen Absorptionsspektra ausgestattet wäre, und das gegenüber dem bisher für derartige Untersuchungen ausschließlich benutzten Kirchhoff-Bunsenschen Spektroskope außer den günstigen später zu erwähnenden Eigenschaften des Gitterspektrums noch den Vorzug der direkten, auf eine Ångström-Einheit (Å. E.) genauen Wellenlängenablesung an der Mikrometerschraube haben sollte.

Bei dem Bestreben, das neue Instrument den Anforderungen der Analyse der Absorptionsspektra anzupassen, hatte der Verfasser sich der bereitwilligen Unterstützung des Hrn. Prof. J. Formánek in Prag zu erfreuen, der ihm nach der Erprobung eines Versuchsinstruments seine reichen Erfahrungen in der praktischen Spektralanalyse der Farbstoffe[4]) in uneigennütziger Weise zur Verfügung stellte, und dem auch an dieser Stelle der aufrichtigste Dank für seine Mitarbeit gezollt sei.

In einem Gitterspektrum der m-ten Ordnung sei ein auf das Gitter senkrecht auffallender Strahl von der Wellenlänge λ um den Winkel ϑ aus seiner Anfangsrichtung

[1]) Verfertiger Fr. Schmidt & Haensch in Berlin, Carl Zeiß in Jena u. A.

[2]) Verfertiger Adam Hilger in London.

[3]) Verfertiger R. & J. Beck, Ltd. in London.

[4]) Vgl. J. Formánek, Spektralanalytischer Nachweis künstlicher organischer Farbstoffe. Berlin, J. Springer 1900.

abgelenkt; zwischen der sogenannten Gitterkonstante b, dem Abstande gleicher Seiten zweier benachbarten Striche, ferner der Wellenlänge λ, dem Ablenkungswinkel ϑ und der Ordnungszahl m besteht alsdann die Gleichung

$$m \cdot \lambda = b \cdot \sin \vartheta.$$

Im Spektrum erster Ordnung, das im vorliegenden Spektroskop zunächst allein betrachtet wird, ist $m = 1$ und

$$\lambda = b \cdot \sin \vartheta,$$

d. h. die Wellenlänge ist dem Sinus des Winkels ϑ proportional. Es ist demgemäß zweckmäßig, das Spektrum mikrometrisch nicht mit der üblichen Tangentenschraube, sondern mit einer Sinusschraube auszumessen; alsdann ist es möglich, die Ganghöhe der Mikrometerschraube und die Länge des Hebelarms, an dem der Schraubenkopf angreift, so zu wählen, daß das Mikrometer nach Wellenlängen beziffert werden kann. Als Sinusschraube bot sich die von Pulfrich[1]) mit bestem Erfolge am Phototheodoliten benutzte dar. Die bewegliche Mutter der festgelagerten Mikrometerschraube trägt an ihrem einen Ende eine genau senkrecht zur Schraubenachse liegende Planfläche, gegen die der in einer Kugel endigende Hebelarm mittels Federkraft gedrückt wird; ein Teil der Kugel ist in Fig. 1 eben noch zu sehen.

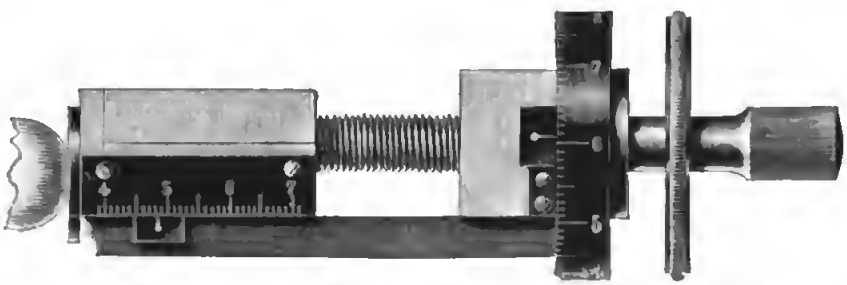


Fig. 1 (nat. Gr.). Die nach Wellenlängen bezifferte Mikrometerschraube (schematisch dargestellt).
Ablesung des Index am Umdrehungszähler: 48; an der Trommel: 61; Wellenlänge = 4861 Å. E. = 486,1 $\mu\mu$.

Eine Umdrehung der Schraube, deren Ganghöhe 0,3 mm ist, entspricht einer Wanderung des Spektrums im Gesichtsfelde des Fernrohrs um 100 Å. E., sodaß ein Teil der hundertteiligen Trommel eine Å. E. bedeutet. Wie die schematische Fig. 1 zeigt, besteht die ganze Wellenlängenmessung darin, die Ablesung am Umdrehungszähler (z. B. 48) neben diejenige an der Trommel (z. B. 61) zu setzen. Die Zahl 4861 gibt dann die Wellenlänge 4861 Å. E. = 486,1 $\mu\mu$ direkt an.

Das in Fig. 2 abgebildete Spektroskop ruht auf einem Dreifuß; das obere Ende der Säule trägt einen horizontalen Arm für das Fernrohr T und das Mikrometer $F\,W\,J$ und einen schrägen Arm für den Kollimator C.

Der symmetrische Spalt des Kollimators ist gegen 10 mm lang, damit auch die Absorptionsbanden lang und verhältnismäßig schmal erscheinen, was eine genaue Einstellung erleichtert. Die Spaltbreite ist an der Trommel M auf 0,01 mm genau ablesbar[2]). Das Objektiv hat 240 mm Brennweite und 30 mm Öffnung und ist durch Drehen an dem Knopfe G mittels einer Spiralnutenführung verstellbar. Auf das Objektivende ist der Gitterträger K aufgeschoben; als Gitter dient ein photographisches Gitter, das in der ersten Ordnung etwa $1^1/_2{}^0$ Dispersion zwischen C und F hat. In

[1]) C. Pulfrich, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 340 (Fig. 5). 1907.*

[2]) Die Spaltkonstruktion deckt sich mit der in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 272 (Fig. 2) 1907* vom Verf. beschriebenen.

der Ebene des Gitters liegt die Verlängerung der Drehungsachse *A* des Fernrohrs; Fernrohr und Kollimator werden durch einen zum Teil an der Drehung des Fernrohres teilnehmenden Lichtschutz verbunden, der in Fig. 2 zur Veranschaulichung der Konstruktion abgenommen ist.

Das Okular ist zum Auswechseln eingerichtet, da drei Okulare von verschiedener Brennweite vorgesehen sind. Mittels der Schraube *N* wird das Spektrum, in dem das Spinnenfadenkreuz gut erkennbar ist, in die richtige Höhe im Gesichtsfeide gebracht.

Zur Abblendung störender heller Nachbarbezirke bei der Einstellung schwacher Absorptionsbanden dienen zwei gleiche Schieber *Sch*. Für einen gemeinsamen Zweck

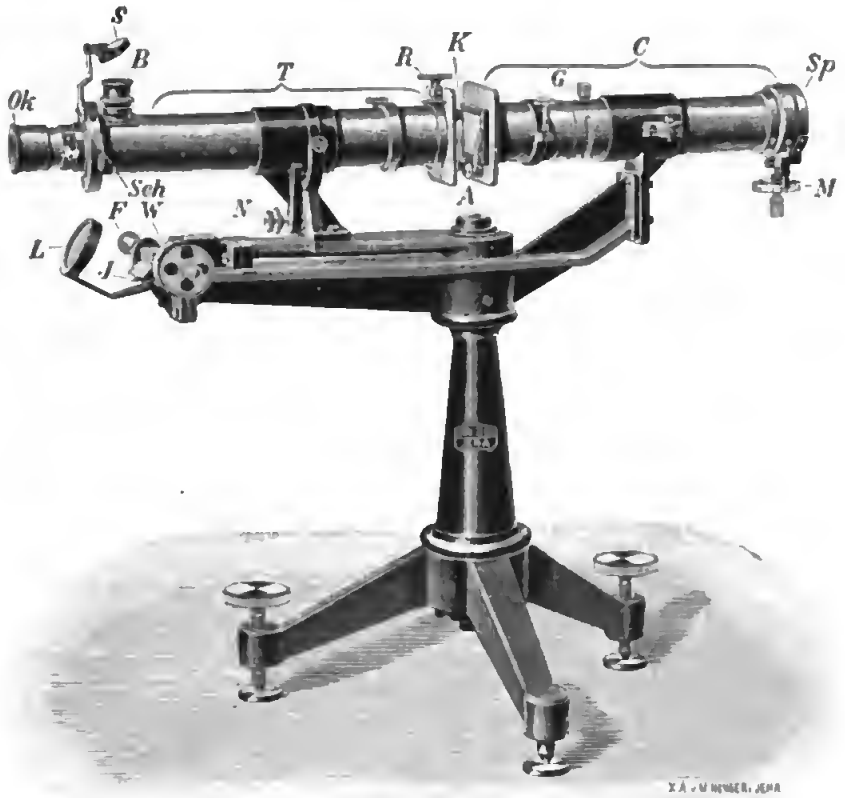


Fig. 2 (etwa $^1/_5$ nat. Gr.). Das Gitterspektroskop.

Der feststehende Kollimator *C* trägt an seinem Objektivende das Gitter *K*; ein Lichtschutz zwischen *K* und *R* ist in der Figur weggelassen. Das Fernrohr *T* wird mittels der Schraube *W* um die Achse *A* gedreht. Die verstellbare Lupe *L* dient zur Ablesung des Umdrehungszählers *J* und der Mikrometertrommel *W*.

sind der Spiegel *S*, der Rohrstutzen *B* mit einem verstellbaren Schlitze, ein in der Figur nicht erkennbares Reflexionsprisma unter *B* und der Spiegelträger *R* bestimmt, nämlich für den Zweck, im Gesichtsfeide einen wagerechten weißen, den Schnittpunkt des Fadenkreuzes bedeckenden Streifen zu erzeugen.

Der Spiegel *S* wird so gerichtet, daß er das Licht einer Lampe oder des hellen Himmels nach unten auf den Schlitz in *B* wirft. Von diesem symmetrisch verstellbaren Schlitze aus fällt das Licht auf ein im Innern des Fernrohrtubus angeordnetes Reflexionsprisma, das es weiter durch das Objektiv hindurch auf einen dicht vor dem Objektive angebrachten schmalen Spiegel wirft. Der Spiegel kann durch Drehen an *R* um eine wagerechte Achse geneigt werden und erzeugt im Verein mit dem Objektiv in der Ebene des Spektrums ein reelles Bild des Schlitzes, d. h. einen weißen

horizontalen Streifen, der durch Drehen an R im Gesichtsfelde so gehoben und gesenkt werden kann, daß er den Schnittpunkt des Fadenkreuzes bedeckt.

Diese zuerst von Formánek[1]), wenn auch in anderer Ausführungsform, angegebene Einrichtung dient dazu, in dunklen Spektralbezirken die Auffindung und Einstellung des Fadenkreuzes ganz erheblich zu erleichtern. Hat man z. B. eine breite dunkle Absorptionsbande einzustellen, so läßt man den weißen Streifen auch während der Messung hell, weil man ohne ihn nur vier voneinander weit entfernte Stücke des Fadenkreuzes sehen würde und über die Lage des Schnittpunktes gänzlich im Unklaren wäre; handelt es sich dagegen um eine schwache Emissionslinie in dunklem Felde, so dient der weiße Streifen zu einer annäherungen Einstellung. Hat man diese erreicht, d. h. scheint die Verlängerung des oberen und unteren Teiles der Linie durch den Schnittpunkt zu gehen, so verdunkelt man durch eine Verstellung des Spiegels S den Streifen und kann nun die Linie, die dem Schnittpunkte des Fadenkreuzes jedenfalls schon ganz nahe ist, leicht genau einstellen.

Von den Okularen ist das schwächste so gewählt, daß man das ganze Spektrum von $\lambda = 400\ \mu\mu$ bis $\lambda = 760\ \mu\mu$ gleichzeitig übersehen kann.

Als Lichtquelle hat sich eine Nernst-Lampe ohne Heizspirale, d. h. mit einem auf den Heizdrähten frei aufliegenden Nernst-Körper bewährt, die mit einem ein etwa anderthalbmal vergrößertes Bild des Nernst-Fadens erzeugenden Kondensor fest verbunden ist. Das Bild der Lichtquelle ist selbst im nichtverdunkelten Zimmer auf der weiß lackierten, den Spalt bedeckenden Schutzkappe leicht zu sehen, die natürlich mit einem Fenster vor dem eigentlichen Spalte versehen ist.

Zum Justieren der Wellenlängenteilung beobachtet man die Natriumlinien, die vom Spektroskope getrennt werden. Man stellt den Schnittpunkt auf die Mitte zwischen beiden Spektrallinien ein und liest die Wellenlänge ab. Zeigt das Spektroskop nicht die Zahl 5893 (das Mittel zwischen 5890 und 5896 Å. E.), so hält man mit der rechten Hand das gerlefelte Handrädchen (s. Fig. 1) fest und stellt dann die mit einer gewissen Reibung auf der Achse drehbare Trommel genau auf den Teilstrich 93 ein; zum Schluß prüft man die neue Justierung durch mehrere sorgfältige Einstellungen des Fernrohres.

Die Helligkeit des Spektrums ist dank dem Öffnungsverhältnis der Objektive (1/8) und der Nernst-Lampe so groß, daß man den Spalt selten weiter als auf einige hundertstel Millimeter zu öffnen braucht.

Vergleicht man das Spektrum des Gitterspektroskops mit einem von einem Prismenspektroskope gleicher mittlerer Dispersion erzeugten, so ergibt sich, daß im Gitterspektrum der rote Teil ausgedehnter, der violette dagegen zusammengedrängter erscheint. Dies ist für die Untersuchung von Absorptionsspektren sehr günstig, da die grünen Farbstoffe die Mehrzahl ihrer Absorptionsbanden im Rot und Gelb haben, während sich im Violett nur vereinzelte Banden vor allem der gelben Farbstoffe befinden.

Aus der Beobachtung des Sonnenspektrums mit dem Gitter-Spektroskop sei mitgeteilt, daß die Eisenlinien $E_1\,E_2$, deren Wellenlängen sich um nur etwa 0,7 Å. E. unterscheiden, deutlich getrennt erschienen, was in Anbetracht der geringen Dispersion des Gitters für die gute Definition der Spektrallinien spricht.

[1]) Vgl. Formánek, *a. a. O. S. 11.*

Apparat zur Registrierung der Schlinger- und Stampfbewegungen von Schiffen.

Von
O. Hecker in Potsdam.

Bei der Bestimmung der Schwerkraft auf dem Meere durch Vergleichung von Siedethermometer und Quecksilberbarometer ist die Höhe des Barometerstandes möglichst exakt zu bestimmen. Es ist daher erforderlich, die durchschnittliche Größe der Neigung, welche die Quecksilberbarometer infolge des Schlingerns und Stampfens des Schiffes während der Beobachtungen erfahren, durch Messung zu ermitteln, da bei größerer Neigung des Barometers der Stand desselben beträchtlich verändert wird.

Neigt man ein Barometer um den Winkel α gegen die Vertikale, so ist der wahre Luftdruck $B = B' \cos \alpha$, wenn B' den abgelesenen Stand des Barometers bezeichnet.

Eine geringe Abweichung des Barometers von der Vertikalen ist ohne Einfluß, denn erst bei $\alpha = 22'$ ändert sich der Stand der Quecksilbersäule von 760 *mm* auf 760,015 *mm*; ein solcher Fehler ist noch zulässig bei Schwerkraftsbestimmungen, da er nur etwa 1 : 50000 des ganzen Luftdrucks beträgt. Bei größeren Neigungen nimmt aber der Fehler infolge des stärkeren Abnehmens des Cosinus rasch zu; bei $\alpha = 1^0$ beträgt er bereits 0,12 *mm* und bei $\alpha = 2^0$ schon 0,46 *mm*. Eine Messung der Neigung ist also durchaus erforderlich.

Denken wir uns nun ein Pendel an Bord eines Schiffes so aufgehängt, daß es nur in der Querrichtung des Schiffes schwingen kann, also durch das Schlingern des Schiffes in Schwingungen gerät. Die Bewegung dieses Pendels ist dann eine Folge sowohl der Neigungsänderungen, die das Schiff infolge des Schlingerns senkrecht zu seiner Längsachse ausführt, als auch der Bewegung des Aufhängepunktes des Pendels in der Horizontalen. Es handelt sich nun darum, die Form des Pendels so zu wählen, daß die Wirkung der Horizontalverschiebungen möglichst klein wird, die Messung der Neigungsänderung also möglichst wenig beeinflußt wird.

Über die Größe des Ausschlages, den ein Pendel unter der Einwirkung einer Horizontalverschiebung seines Aufhängepunktes macht, gibt uns die folgende, von Wiechert[1]) abgeleitete Formel Auskunft; es ist nämlich

$$V = \mathfrak{B} \Big/ \sqrt{\left[1 - \left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2\right]^2 + 4 \left(\frac{T}{2\pi\tau}\right)^2 \left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2}.$$

Hierin bedeutet V die gesuchte Größe der Aufzeichnung der Horizontalbewegung des Pendels, wenn $\mathfrak{B}$ die Vergrößerung sehr schneller Schwingungen ist; ferner ist $\mathfrak{T}$ die Periode der Schlingerbewegung, T die des Pendels, τ die Relaxationszeit, d. h. die Zeit, in der die Amplitude der Eigenschwingungen und damit die Nachwirkung früherer Störungen auf den 2,718 . . .-ten Teil ihres Wertes herabsinkt. Die Größe τ hängt mit der Schwingungsdauer T des ungedämpften und mit der Schwingungsdauer T^* des gedämpften Pendels durch die Beziehungen zusammen

$$T^* / 2\tau = \log \text{nat}\, \varepsilon \qquad T = T^* \Big/ \sqrt{1 + \left(\frac{T^*}{2\pi\tau}\right)^2},$$

wo ε das Dämpfungsverhältnis bedeutet.

[1]) Verhandlungen der vom 11. bis 13. April zu Straßburg abgehaltenen Ersten Internationalen Seismologischen Konferenz. Leipzig 1902. *S.* 277.

Digitized by Google

Soll die Aufzeichnung V der Horizontalbewegung möglichst klein erfolgen, so kann man zunächst $\mathfrak{V}$ klein wählen. Dadurch wird aber auch bewirkt, daß die gleichzeitig von dem Pendel angegebenen Neigungsänderungen in sehr kleinem Maßstabe aufgezeichnet werden, was unerwünscht ist. Man darf also hierbei nicht unter eine gewisse Größe hinabgehen. Man kann aber V auch sehr stark herabdrücken, wenn man das Verhältnis $\mathfrak{T}/T$ sehr groß macht, wenn man also dem Pendel eine im Vergleich zur Schlingerperiode sehr kleine Schwingungsdauer gibt. Wie man sieht, ist es also nötig, ein *Pendel von sehr kurzer Schwingungsdauer* anzuwenden, das aber so schwer ist, daß es die Reibung der zur Aufzeichnung der Schwingungen erforderlichen Schreibfeder leicht zu überwinden vermag.

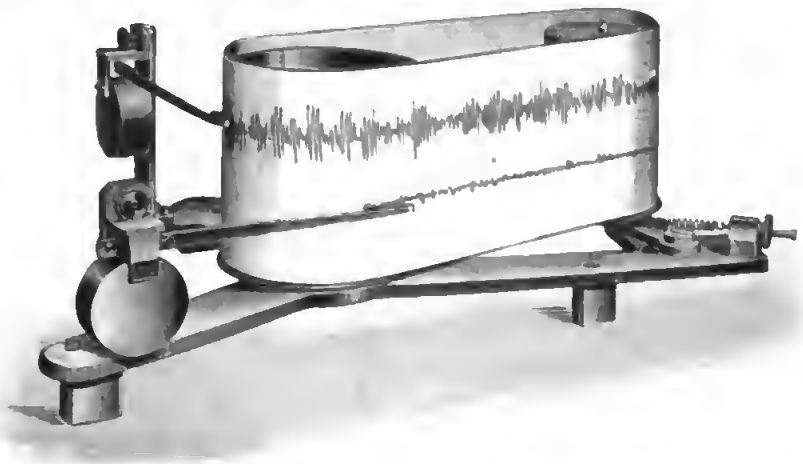


Fig. 1.

Eine geeignete Form für ein solches Pendel ist eine dicke Scheibe, die am Rande mit einer senkrecht zur Fläche gerichteten Achse versehen ist und um diese schwingt. Die Länge des entsprechenden mathematischen Pendels bei einer in dieser Weise aufgehängten Scheibe mit dem Radius r ist

$$\left[\int_{r=0}^{r=r} 2\pi r^3\,dr + r^4\pi\right] / r^3\pi = \frac{3}{2}r\,.$$

Wählt man eine Scheibe von $r = 2$ *cm*, so ist somit die Entfernung des Schwingungspunktes von der Achse 3 *cm*, woraus sich für die einfache Schwingungsdauer 0,18 Sek. ergibt. Es sei nun ein Schreibarm von 114 *mm* Länge an der Scheibe befestigt, was einer 3,8-fachen Vergrößerung der Bewegung des Schwingungspunktes entspricht. Eine Neigung des Schiffes wird bei dieser Länge des Schreibarmes so aufgezeichnet, daß bei 0,5° Neigungsänderung die Bewegung der Feder 1 *mm* beträgt.

Die Periode des Schlingerns beträgt bei größeren Schiffen nach meinen Messungen zwischen 10 und 30 Sekunden. Berechnet man nun nach der Formel von Wiechert für das angegebene Pendel, in welchem Maßstabe die Horizontalbewegungen des Pendelaufhängepunktes von dem Pendel aufgezeichnet werden, so ergibt sich für eine

Schlingerperiode von	10 Sek.	20 Sek.	30 Sek.
eine Verkleinerung auf den	0,0049-	0,0012-	0,0005-ten Teil der wirklichen Bewegung.

Bei dieser Berechnung ist ein Dämpfungsverhältnis von 4 : 1 angenommen. Es zeigt sich also, daß der Einfluß der Horizontalbewegung sehr herabgemindert und bei Aufhängung des Pendels an einer geeigneten Stelle im Schiffe zu vernachlässigen ist. Eine günstige Stelle zu wählen ist wichtig, da die Größe der Horizontalverschie-

bungen des Aufhängepunktes des Pendels beim Schlingern an verschiedenen Stellen im Schiff verschieden ist. Am geringsten sind die Horizontalverschiebungen in der Nähe der Längsachse, um die das Schiff beim Schlingern schwingt.

Nach den angegebenen Prinzipien ist der in der Fig. 1 dargestellte Apparat gebaut, dessen Konstruktion leicht verständlich ist.

Die Pendel bestehen aus Messingscheiben von 40 *mm* Durchmesser und 16 *mm* Dicke, die in der oben erwähnten Weise aufgehängt sind. Die an den Pendeln angesetzten dünnen Aluminiumlamellen von 114 *mm* Länge tragen Schreibfedern, wie

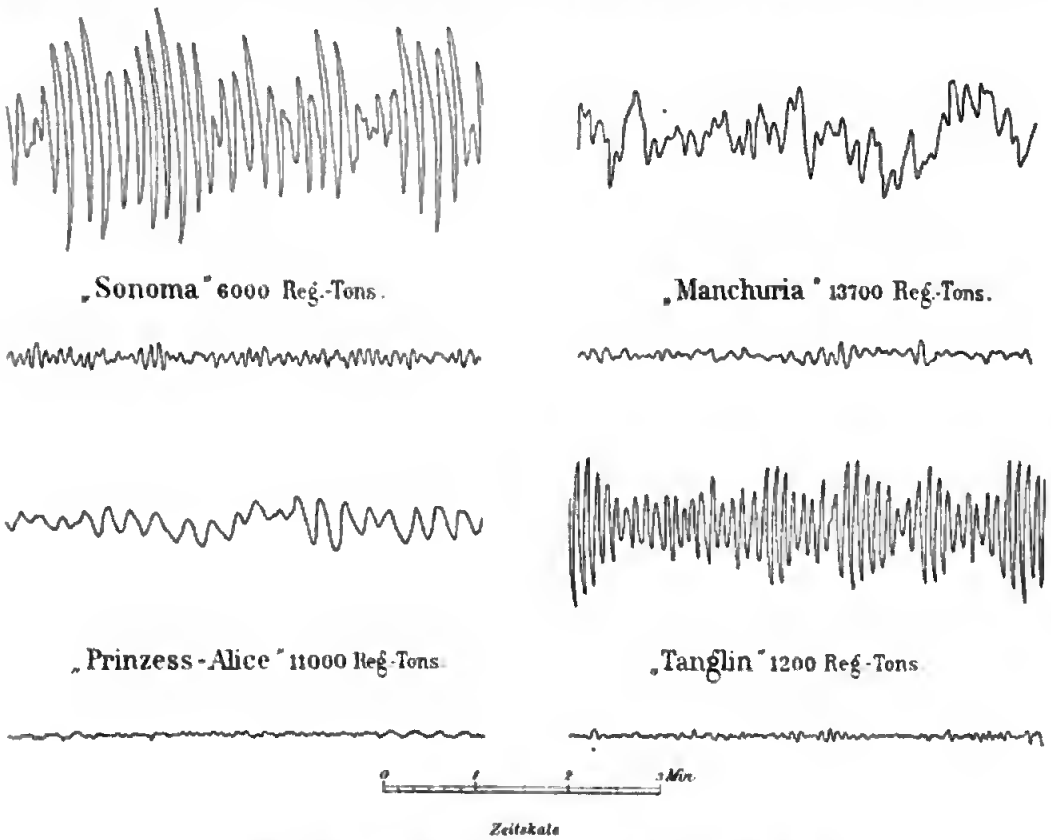


Fig. 2 bis 5. Schlinger- (obere) und Stampfbewegungen (untere Kurve).
(1 mm Ordinatenänderung gleich 0,5° Neigungsänderung des Schiffes.)

sie bei den Barographen zur Anwendung kommen. Diese schreiben die Bewegungen der Pendel auf einem Papierstreifen auf, der von zwei Zylindern geführt wird. In einem dieser Zylinder befindet sich ein Uhrwerk, daß den Streifen in der Minute um 12 *mm* fortbewegt. Die Achsen der beiden Pendel sind in derselben Horizontalebene, aber senkrecht zueinander gelagert. Stellt man nun den Apparat so an Bord eines Schiffes auf, daß die eine Achse in der Längsachse des Schiffes, die andere quer zu ihr liegt, so zeichnet das erste Pendel das Schlingern, das zweite das Stampfen des Schiffes auf, und zwar entspricht, wie bereits oben bemerkt, bei der angegebenen Länge der Schreibarme eine Neigungsänderung von 0,5° einer Bewegung der Schreibfeder um 1 *mm*.

In den Fig. 2 bis 5 sind einige von dem Apparat auf vier Schiffen registrierte Schlinger- (obere) und Stampfbewegungen (untere Kurven) wiedergegeben, die klar zeigen, wie außerordentlich verschieden die Bewegungen sind, die die einzelnen Schiffe unter dem Einfluß von Wind und Wellen machen.

Die Kurven ermöglichen einen direkten Rückschluß auf die Seeeigenschaften der Schiffe, sind unter sich aber nicht ohne weiteres vergleichbar, da die Wetterverhältnisse verschieden waren. Die Schiffe, auf denen die Registrierungen erfolgten, die Schiffsgrößen, die Gesellschaften, denen sie angehören sowie die Schiffsorte sind im folgenden gegeben: „Sonoma", 6000 Reg.-Tons, *Oceanic Steamship Co.*, auf der Fahrt zwischen Australien und Neu-Seeland; „Manchuria", 13700 Reg.-Tons, *Pacific Mail*, auf der Fahrt zwischen Hawai und Japan; „Princess Alice", 11000 Reg.-Tons, Norddeutscher Lloyd, im Chinesischen Meer; „Tanglin", 1200 Reg.-Tons, Norddeutscher Lloyd, im Golf von Siam.

Auf die Kurven näher einzugehen, ist hier nicht der Ort; es mag jedoch auf eine eigentümliche Erscheinung hingewiesen werden, die sich bei den registrierten Schlingerbewegungen zeigt, nämlich auf die langperiodischen Schwingungen von zwei Minuten Periode und darüber, welche Schiffe wie die „Manchuria" und „Princess Alice" neben den Schlingerbewegungen kürzerer Periode ausführen. Über ihre Ursache läßt sich vorläufig nichts Sicheres sagen.

Es sei noch bemerkt, daß eine weitere Verkleinerung der Pendel keinen erheblichen Gewinn bringt. Benutzt man eine pendelnde Scheibe von 3 *cm* Durchmesser, so ist die entsprechende mathematische Pendellänge 2,25 *cm* und die Schwingungsdauer 0,15 Sek. Die Verkleinerung, mit der die Bewegung aufgezeichnet wird, beträgt bei einer

Schlingerperiode von	10 Sek.	20 Sek.	30 Sek.
den	0,0046-	0,0011-	0,0005-ten Teil

der wirklichen Bewegung, wenn der Schreibarm wie vorher eine Länge von 114 *mm* hat.

Bei den von der Firma R. Fuess in Steglitz bei Berlin gebauten Instrumenten dieser Art sind verschiedene Änderungen gegenüber dem beschriebenen Instrumente eingeführt, die sich als zweckdienlich erwiesen haben. So schwingen die Pendel, um ihre Bewegung zu dämpfen, in einer Flüssigkeit, ferner wird ein fortlaufendes Papierband statt des in sich geschlossenen verwandt, was die Bedienung des Apparates bequemer macht.

Referate.

Eine Basismessung mit Invardraht, Mikroskop und Lupe.

Von M. Gasser. Lex. 8°. 70 S. m. 3 Taf. München, Lindauersche Buchhdlg. 1907.

Zur Entwicklung der Bastsapparate und Basismessungsmethoden.

Von M. Gasser. Habil.-Schrift, Techn. Hochschule Darmstadt. Lex. 8°. 64 S. m. 5 Taf. München, Druck von Kastner & Callwey 1907.

In der ersten der zwei angezeigten Schriften berichtet der Verf. ausführlich über Einrichtungen zur Steigerung der Genauigkeit der Draht-Grundlinienmessung über das durch den Apparat von Guillaume-Carpentier Gebotene hinaus; bei diesem System erkennt er an, daß gegenüber von Jäderin die Einführung der Spanngewichte an Stelle der Dynamometer eine wesentliche Verbesserung vorstellt, und daß die Drahtführung durch die Spannstative mit Rollen ruhiger geworden ist. Die seitliche Schwankung und damit das Anschlagen der Drahtskalen an die Markenbolzen ist so ziemlich beseitigt; ferner ist die Einführung des Invardrahtes an Stelle der Stahl- und Messingdrähte Jäderins ein großer Fortschritt. Als noch vorhandene wichtigste Fehlerquellen betrachtet der Verf. folgende: die Ablesemarken auf den Markenstativen in etwa 1,2 *m* Höhe sind der Gefahr der Verschiebung durch Einsinken der Stative ausgesetzt, und die Lupenablesungen an den Marken-

Digitized by Google

strichen, an sich wenig genau, sind durch die je nach der Stellung des Beobachters verschiedene Parallaxe entstellt. Der erste Fehler soll dadurch behoben werden, daß die Standfestigkeit des Apparats erhöht wird durch Wahl geeigneter Böcke, die die Drahtführung nahe dem Erdboden ermöglichen; je tiefer der Schwerpunkt des Apparats liegt, desto sicherer sei auf Unveränderlichkeit der Ablesemarke zu rechnen. Daß die konstante Drahtspannung durch Gewichte herzustellen ist, ist klar; die vom Verf. statt der einfachen Rolle vorgeschlagene Welle mit Kugellagerung hat bekanntlich Borrass in Potsdam bereits verwendet. Der zweite Fehler, die Parallaxe bei der Ablesung, soll durch Benutzung eines fest aufgestellten Mikroskops statt der Lupe beseitigt werden, das aber, wie bereits angedeutet, nicht hoch über den Erdboden zu stellen ist und dabei ebenso rasch ablesebereit sein muß, wie ein Stativ aufgestellt werden kann, sodaß an Messungsgeschwindigkeit der jetzigen Einrichtung gegenüber möglichst wenig verloren geht.

Nach diesen Grundsätzen hat der Verf. seinen Draht-Basismeßapparat zusammengestellt. Die Böcke bestehen aus einem Material, das seither nicht verwendet wurde, nämlich aus Beton (etwa $^1/_4$ Zement, $^3/_4$ Kies), die bei breiter Auflagefläche niedrig sind, d. h. ihren Schwerpunkt nahe beim Boden haben; die an den miteingegossenen Trägern angebrachten Mikroskope, Schlitten, Klemmvorrichtungen sind infolgedessen sehr standsicher. Die Betonböcke werden einfach auf den Boden gestellt. Die eine Gruppe, die Basisböcke, dient dem Draht als Führung, ermöglicht Nivellement und Alignement der Drahtlagen-Endpunkte und trägt die Spanngewichte; die zweite Gruppe, die Mikroskopböcke, trägt die Ablesevorrichtungen. Jene sind Körper von $45 \times 35 \times 30$ *cm*, sie wiegen 50 *kg*; diese, mit ungefähr derselben Grundfläche, sind nach oben abgestumpfte Pyramiden und wiegen 40 *kg*. Die Einrichtungen zur Meßbereitschaft des Apparats sind, den weitergehenden Anforderungen entsprechend (z. B. muß die Ebene der Drahtskale horizontal in die Brennebene des Mikroskops kommen), hier etwas komplizierter als bei Guillaume-Carpentier. Die Form der Skale an den Drahtenden hat Schwierigkeiten gemacht; schließlich hat sich ein Silberplättchen (auf einem auf den Draht aufzusteckenden Messingbacken) bewährt, auf dem $^1/_2$ *mm* in 10 Teile zerlegt ist. Die Trommel des Mikroskops wird nur zur anfänglichen Einstellung, nicht zur Zwischenablesung verwendet; bei dieser wird vielmehr das Mikroskop als Strichmikroskop gebraucht. Da die Striche in je 50 μ Abstand bei 40-facher Vergrößerung wie eine 2 *mm*-Skale erscheinen, so kann leicht auf $^1/_{10}$ Teil $= 5\ \mu$ geschätzt werden.

Der Beschreibung des Basisapparats folgen einige Notizen über das Invar und die Bestimmung seines Temperaturkoeffizienten. Sodann wird über den Bau eines Komparators an Ort und Stelle der zu messenden Basis berichtet; das Maß- und Gewichtsbureau in Sèvres eicht Drähte nicht unter Mikroskopen, und der Verf. entnahm den Erfahrungen der *U. S. Coast and Geodetic Survey*, daß ein *Feldkomparator* (dort unter Kontrolle des „*iced bar*"-Apparates) erforderlich sei, wenn die Genauigkeit $^1/_{500000}$ erreicht werden soll. Der Ref. hält dies nicht für bewiesen. Die zwei Endpunkte dieser Vergleichsstrecke von 24 *m* stellte der Verf. als Marken auf in den Boden versenkten Betonklötzen her. Die Horizontale für die 24 *m*-Strecke wurde, wie in Sèvres durch Brunner für eine 1 *m*-Strecke, durch die Wasseroberfläche in einem Trog gewonnen. Das Ergebnis der acht Eichungen des Drahts wird ausführlich mitgeteilt.

Der folgende Abschnitt behandelt die Messung der Versuchsgrundlinie bei München, Parkwache—Feldmoching, von 2760 *m* Länge, in Abschnitte zerlegt durch bei 504, 1008, 1508, 2016 *m* in den Boden eingesetzte Betonklötze. Zum Abstecken der Linie und zum Ausfluchten des Basisapparats ist mit großem Vorteil der Feld-Fernsprecher verwendet worden. Die (erste) Messung der Grundlinie, am 4. und 14. Juni 1904, wurde, den obigen Andeutungen gemäß, als mikroskopische Koinzidenzmessung mit gleichzeitiger Verwendung beider Drähte in derselben Messungsrichtung ausgeführt mit der Geschwindigkeit von 1400 *m* im Tag, wobei 12 Beobachter und 7 Gehülfen tätig waren. Die zwei Ergebnisse mit Draht I und Draht II weichen nur um 0,14 *mm* voneinander ab. Die Fehler der Messung werden eingehend diskutiert.

Digitized by Google

Dieselbe Basis ist dann auch mit *Lupen*-Ablesung gemessen worden und zwar hin und zurück. Der französische Draht wurde zuvor mehrfach stärkern und länger dauernden Spannungen (bis 70 *kg*) und Erschütterungsperioden (viel hundertmaliges Schlagen auf ebenes Steinpflaster) unterworfen und dann in Sèvres neu geeicht, wieder mit der Normalspannung 10 *kg*. Der Verf. hält diese für zu klein und möchte, da 20 oder gar 25 *kg* die Arbeit wesentlich verlangsamen würde, wenigstens auf 15 *kg* übergehen. Der zweite (Münchener) Draht wurde wieder auf dem Feldkomparator verglichen. Die Hinmessung wurde am 9. Juli 1906, die Rückmessung am 27. Juli 1906 ausgeführt. Um die Geschwindigkeit der Messung zu erhöhen, wurden statt der Beton-Basishöcke Holzkisten benutzt, die mit Erde oder Steinen angefüllt wurden. Das Ergebnis dieser beiden Messungen weicht nun nur sehr wenig ab von dem Ergebnis der ersten Messung mit Hülfe von Mikroskopen; die Basislänge ergab sich nämlich

I. aus der mikroskopischen Koinzidenzmessung mit beiden Drähten . . . . . 2760,1798 *m*,
II. aus der Messung mit Lupenablesung, Eichung des Drahtes in Sèvres . . . . . 2760,1681 *m*,
III. aus der Messung mit Lupenablesung, Eichung des Normals in Sèvres, Bestimmung der Drahtlänge durch den Feldkomparator am Ort der Messung . . . . . 2760,1769 *m*.

Beim Vergleich der drei Messungen im einzelnen zeigt sich in Beziehung auf Genauigkeit die Messung mit Mikroskopablesung im Vorteil. Im übrigen redet der Verf. der Doppelmessung in *einer* Richtung das Wort, die der üblichen Hin- und Rückmessung völlig gleichwertig sei, aber viel geringere Kosten als diese verursache.

Der Ref. glaubt nicht, daß trotz der größeren Genauigkeit und trotz der immer noch bedeutenden Geschwindigkeit, die der Verf. mit seiner Mikroskopmethode erreicht hat, die bequemere Lupenmethode häufig zugunsten jener verlassen werden wird. Da auch die Genauigkeit dieser äußerst rasch fördernden Drahtmessung mit Lupenablesung leicht und mit sehr einfachen Mitteln auf $^1/_{200\,000}$ oder $^1/_{500\,000}$ der Länge zu bringen ist, so ist sie der Genauigkeit der aus Horizontalwinkelmessungen berechneten Längen der Dreiecksseiten selbst bei nicht großer Ausdehnung des Netzes überlegen; es handelt sich somit um Beibehaltung *möglichster Schnelligkeit* der direkten Drahtmessung der Längen und damit die Möglichkeit *zahlreicher* Grundlinien an Stelle der bisherigen wenigen und damit um die Beschränkung der teuren und relativ wenig genauen Horizontalwinkelmessung.

Dies ist ja auch der Schluß, zu dem die zweite angezeigte Schrift des Verf. kommt. Er behandelt in dieser kurzen Entwicklungsgeschichte der Basismeßmethoden die Geschichte der Kontaktmethode, der Intervallmessung, des Metallthermometers, des Kompensationsprinzips; dann das Aufkommen der Einstabapparate oder der Koinzidenzmessung und verschiedene Ausführungsformen dieser Apparate. Die verhältnismäßig großen Abweichungen verschiedener Messungen derselben Strecken mit demselben Apparate berechtigen zum Zweifel an der Konstanz auch der „starren" oder Stabapparate für die Grundlinien. Mit um so größerem Interesse verfolgt die geodätische Welt die gegenwärtige rasche Entwicklung der nicht starren Basisapparate (dünne Metallbänder und Metalldrähte), deren Genauigkeit zudem durch Einführung des so wenig temperaturempfindlichen Invar bedeutend gefördert worden ist. Zuerst zur Grundlinienmessung II. Ordnung eingeführt, wurden diese Drähte bald berufen sein, in der Triangulierung überhaupt, auch in der HauptTriangulierung, eine Änderung des Messungsprogramms hervorzubringen, indem das Prinzip: *weniger Winkelmessung, viel mehr* und wieder *längere Grundlinien* (wenn diese auch nicht mit der Genauigkeit von 1 oder $^1/_2$ Milliontel, sondern nur etwa $^1/_{500\,000}$ oder noch weniger genau gemessen werden) sicher weitere Ausbildung erfahren wird.

Die letzten Abschnitte der Schrift besprechen Jäderins Methode, die Methoden der Amerikaner, die Invarlegierung, ihre thermischen und sonstigen Eigenschaften, die Vorbereitung der Invar-Meßdrähte, den Drahtapparat von Guillaume-Carpentier, die metronomischen und sonstigen Fehler der Drahtmessung, endlich die Inkonstanz der zu messenden oder bei der Eichung zu benutzenden Strecken (die „Erdausdehnung"). Zum Schluß wird ein Blick geworfen auf die großen im Gang befindlichen und projektierten Gradbogenmessungen, die der Invardrahtmessung der Strecken ein weites Anwendungsfeld eröffnen. *Hammer.*

Digitized by Google

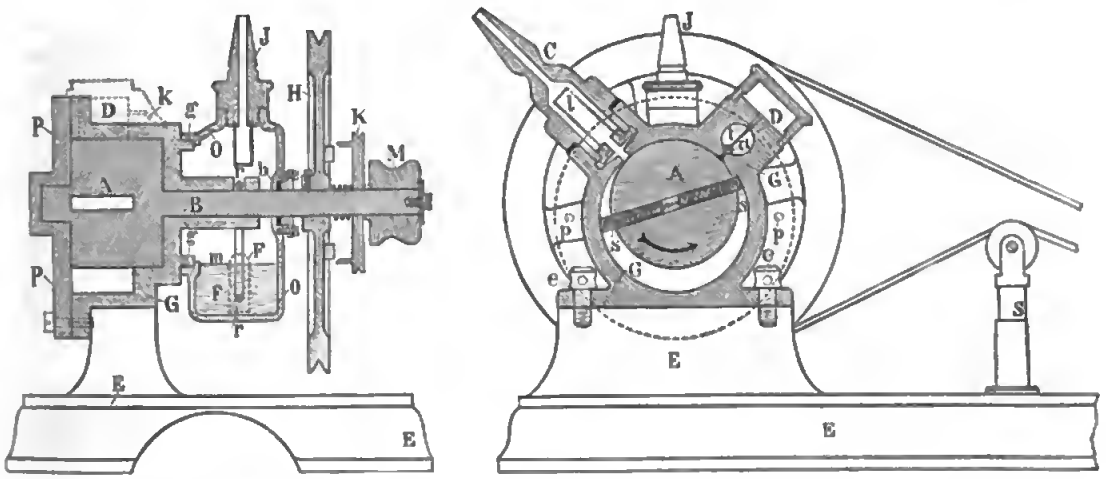
Rotierende Kapselpumpe nach Gaede.

Nach einer „Sonder-Preisliste über Hoch-Vakuum-Apparate nach Dr. Gaede" von E. Leybolds Nachf. in Cöln a. Rh.

Die rotierende Kapselluftpumpe bildet gewissermaßen eine Ergänzung der Gaedeschen rotierenden Quecksilberluftpumpe (*diese Zeitschr.* **27.** *S. 163. 1907*; **28.** *S. 81. 1908*), als deren Vorpumpe sie dienen soll.

Die neue Pumpe ist in der Figur im Durchschnitt parallel und senkrecht zur Rotationsachse dargestellt. Die Welle *B* trägt den in der Kammer *G* sich exzentrisch bewegenden Zylinder *A*, in welchem gehärtete Stahlschieber *s* radial verschiebbar sind und durch Federkraft auseinandergedrückt werden, sodaß sie sich an die Innenwand des Rotgußgehäuses *G* anlegen. Ein zweites Gehäuse *O*, welches mittels Gewindes *g* an *G* geschraubt ist, dient gleichzeitig als Ölgefäß und als Windkessel; es ist bis *m* mit Schmieröl gefüllt, welches durch den Schmierring *r* an die Achse *B* befördert wird; *b* ist eine Stopfbüchse, *H* die Schnurscheibe.

Dreht sich der Zylinder *A* in der in der Figur durch den Pfeil angedeuteten Richtung, so saugt die Pumpe Luft bei *C* an und befördert sie durch das Ventil *D* und den Kanal *k*



nach dem Windkessel *O*. Dabei werden mechanische Verunreinigungen der Luft durch ein in der Saugdüse *C* befindliches engmaschiges Drahtnetz *l* zurückgehalten. Der Antrieb der Pumpe erfolgt von Hand oder durch einen Motor von $^1/_{10}$ Pferdestärke. Im letzteren Falle wird angegeben, daß die Kapselpumpe ein Gefäß von 6 Liter Inhalt von Atmosphärendruck in 1 Minute auf 3 *mm*, in 2 Minuten auf 0,4 *mm*, in 3 Minuten auf 0,15 *mm*, in 8, 10 und 15 Minuten auf bezw. 0,035, 0,012 und 0,006 *mm*, alle Drucke mit einem Mc Leodschen Manometer gemessen, evakuiert.

Die Pumpe kann umgekehrt auch als Gebläse benutzt werden, zu welchem Zwecke der Druckschlauch bei *J* aufgesetzt wird. Bei dieser Art der Benutzung fördert die Kapselpumpe bei jeder Umdrehung ein Luftvolumen von 110 *ccm* bezw. schafft einen Überdruck bis zu 1 Atmosphäre.

Das Gewicht der Kapselpumpe nebst Motor und Grundplatte *E* beträgt 28 *kg*. Sie wird von der Firma E. Leyholds Nachfolger entweder allein oder mit der Gaedeschen rotierenden Quecksilberpumpe zusammen, beide Pumpen nebst Motor auf gemeinsamer Grundplatte montiert, geliefert.

Die Preisliste enthält ferner eine Beschreibung der Gaedeschen rotierenden Quecksilberpumpe und eine Reihe von Zubehörteilen, z. B. Entladungsröhren der verschiedensten Art mit Normalschliff, d. h. Schliffen, welche alle in ein und denselben Manteikonus passen, ein Vakuummeter nach Mc Leod, einen abgekürzten Barometerabschluß sowie endlich einen Reinigungsapparat für Quecksilber u. a. m. *Schl.*

Ein neues Spektrophotometer nach Art des Hüfnerschen.

Von R. A. Houstoun. *Phil. Mag.* **15.** *S. 282. 1908; Physikal. Zeitschr.* **9.** *S. 127. 1908.*

Verf. beschreibt eine Anordnung, die an jedem Spektrometer leicht angebracht werden kann, um dieses in ein Polarisationsspektrophotometer Hüfnerscher Konstruktion zu verwandeln. Bekanntlich (vgl. die Referate in *dieser Zeitschr.* **10.** *S. 223. 1890* und **27.** *S. 321. 1907*) besteht das wesentliche Stück der letzteren in einem „Albrechtschen Glaskörper", einem Glasparallelepiped, das mit zum Kollimatorspalt senkrecht liegenden Kanten zwischen Spalt und Lichtquelle eingeschnitet wird, sodaß eine Kante am Spalt anliegt und ihn halbiert. Außerdem ist ein polarisierender und ein analysierender Nicol angebracht.

Der Albrechtsche Glaskörper muß aus demselben Glase bestehen und mit den einfallenden Lichtstrahlen denselben Winkel bilden wie das Dispersionsprisma, kann also nicht für ein beliebiges Spektrometer Verwendung finden. Deshalb hat Verf. das in Fig. 1 skizzierte Prisma $ABDEC$ konstruiert, dessen Teil ABC ein gleichseitiges Glasprisma ($n_D = 1{,}526$; $AB = 2$ *cm*) ist, während der Teil $BDEC$ aus einem darauf gekitteten Kalkspatprisma besteht, dessen Achse zur Ebene des Papiers (und bei der Benutzung zum Kollimatorspalt) senkrecht steht. Es ist der Winkel bei $D = 127° 12'$, $E = 115° 49'$, $BCE = 63° 44'$.

Betrachtet man den Durchgang des Lichtes in umgekehrter Richtung, so wird das Bündel rq, nachdem es das Prisma $ABDEC$ durchsetzt hat, in zwei Bündeln, dem ordentlichen cd und dem außerordentlichen ab, austreten. Bei dem Bündel pp wird der ordentliche Teil an CE total reflektiert, und nur der außerordentliche Teil ef verläßt das Prisma.

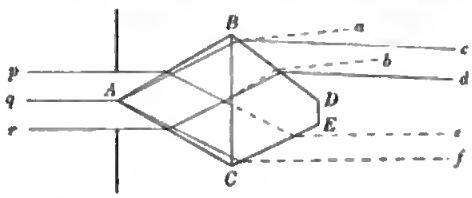


Fig. 1.

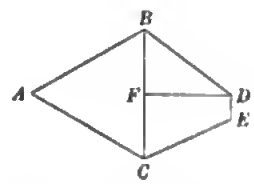


Fig. 2.

Die Bündel cd und ef kreuzen sich in einiger Entfernung vom Prisma. Bringt man hier die Lichtquelle (einen Auer-Brenner) an, nachdem man das Prisma in geeigneter Weise an dem Spalt eines Spektrometers befestigt hat, so sieht man durch das Okular zwei über einander liegende, senkrecht zueinander polarisierte Spektra.

Der analysierende Nicol mit Teilkreis kann am Fernrohrobjektiv oder am Kollimatorobjektiv angebracht werden. Letzteres ist wegen der geringeren Depolarisation des auf den Nicol fallenden Lichtes vorzuziehen. Da aber in beiden Fällen der Nicol eine sehr große Öffnung haben müßte (möglichst gleich den Objektiven), wenn nicht die Helligkeit stark beeinträchtigt sein soll, so empfiehlt Verf. mehr, ein besonderes, schwach vergrößerndes Okular mit Nicol anzuwenden, trotz der depolarisierenden Wirkung der Linsen und des Dispersionsprismas.

Das Prisma $ABDEC$ ist in ein Rohrstück gefaßt, das in einem anderen drehbar ist. Diese Fassung kann so an dem Spalt befestigt werden, daß die Kante A unmittelbar am Spalt liegt und das Prisma zum Zwecke der Justierung um die Achse des Kollimators gedreht werden kann.

Zieht man vor, wie es bei dem eigentlichen Hüfnerschen Spektrometer ist, das eine Spektrum aus unpolarisiertem Lichte bestehen zu lassen, so empfiehlt Verf. das in Fig. 2 skizzierte Prisma. Darin sind die Teile ABC und BFD aus Glas; der Teil $FCED$ ist aus Kalkspat. Die Glasteile sind dann freilich dem Dispersionsprisma anzupassen; man hat aber, wie Verf. hervorhebt, immer noch den Vorteil im Vergleich zu dem Albrechtschen Prisma mit außerhalb liegendem Polarisator, daß der Lichtverlust an den Endflächen der letzteren vermieden und zwischen Spalt und Lichtquelle Raum gespart wird.

Bei der Vergleichung des Hüfnerschen Spektrophotometers mit anderen Polarisationsspektrophotometern gibt Verf. zu, daß bei dem König-Martensschen das Verschwinden

Digitized by Google

der Trennungslinie vollkommener sei, dafür sei aber bei dem ersteren die Helligkeit größer. Wegen der geringen Helligkeit verwirft er auch das Wildsche Photometer.

Am Schlusse der Arbeit beschreibt Verf. eine Anwendung seines Apparats zur Bestimmung der Absorptionskoeffizienten für ultraviolettes Licht, soweit dies wegen der Glasabsorption möglich ist (bis $\lambda = 0{,}350\ \mu$). Dazu bringt er an die Stelle des Beobachtungsfernrohres eine photographische Kamera und photographiert die beiden Spektra für verschiedene Nicolstellungen mit und ohne Einfügung der absorbierenden Substanz. Die Bestimmung der Wellenlänge geschieht, indem einmal die Spektra vor Li, Ka, Na, Th auf einer und derselben Platte photographiert werden und außerdem bei jeder Exposition die Na-Linie mitgenommen wird. Es wird dann jedesmal die Wellenlänge aufgesucht, für die beide Spektra die gleiche Schwärzung zeigen, und aus der bekannten Nicolstellung die Absorption für diese Wellenlänge berechnet.

Versuche mit Kupfersulfat zeigten gute Übereinstimmung mit den Zahlen der Landolt-Börnsteinschen Tabellen. *E. Br.*

Über die Verwendung von Heliumlicht zur Messung optischer Konstanten.

Von H. Harting. *Archiv f. Optik* **1.** *S. 97. 1907.*

Die Anwendung der Natriumflamme bei spektralen Messungen bringt gewisse Übelstände mit sich. Ref. hat deshalb in diesem Aufsatze den Gebrauch von Heliumröhren und die Einführung der außerordentlich glänzenden gelben Heliumlinie $\lambda = 587{,}7\ \mu\mu$ an Stelle der D-Linie empfohlen. Die Wellenlängendifferenz ist nur 1,6 $\mu\mu$, sodaß den praktischen wie den rechnenden Optikern irgendwelche Unannehmlichkeiten nicht erwachsen können. Zur Erleichterung der Umrechnung hat Ref. für sämtliche, im Schottschen Preisverzeichnisse aufgeführten Glassorten die Korrektion berechnet, die an das dort angegebene n_D anzubringen ist, um den Brechungsquotienten für die gelbe Heliumlinie zu erhalten. Der Rechnung liegt die Hartmannsche Interpolationsformel

$$n = n_0 + \frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^a}$$

zugrunde. Daraus ergibt sich die Korrektion

$$\Delta n = -\frac{a(n - n_0)}{\lambda - \lambda_0}\Delta\lambda .$$

Typus	Benennung	Brechungsquotient D	ν	a	λ_0	log c	n_0	$\Delta n \cdot 10^{-5}$ +	Red. He auf Na —
O 3296	Borosilikat-Kron	1,4991	66,5	1,1	144,6	1,1069	1,48345	4_2	6_8
O 2188	Borosilikat-Kron	1,5013	65,9	1,0	163,6	0,8512	1,48462	3_9	6_3
O 3258	Kron mit niedrigstem n_D	1,4782	65,9	1,0	155,9	0,8485	1,46191	3_6	6_0
O 3467	Kron mit niedrigstem n_D	1,4649	65,6	0,8	198,0	0,3268	1,44699	3_7	5_9
O 802	Borosilikat-Kron	1,4967	64,9	0,8	191,8	0,3736	1,47701	4_0	6_3
UV 3199	UV-Kron	1,5035	64,4	0,8	192,1	0,3821	1,48342	4_0	6_5
O 144	Borosilikat-Kron	1,5100	64,0	1,0	165,4	0,8679	1,49259	4_1	6_6
O 3832	Borosilikat-Prismenglas	1,5163	64,0	1,0	161,4	0,8818	1,49851	4_2	6_7
O 3848	Borosilikat-Kron mit hohem n_D . .	1,5199	63,5	1,0	167,0	0,8757	1,50210	4_2	6_7
O 599	Borosilikat-Kron	1,5069	62,3	1,1	151,4	1,1267	1,49023	4_2	6_7
O 3512	Borosilikat-Kron mit hohem n_D . .	1,5301	62,3	1,1	148,0	1,1543	1,51253	4_4	7_0
O 57	Leichtes Silikat-Kron	1,5086	61,8	1,1	151,4	1,1324	1,49173	4_2	6_8
O 3390	Borosilikat-Kron	1,5170	61,2	1,1	154,9	1,1352	1,49998	4_3	6_9
O 3655	Fernrohr-Kron für Objektive ohne sekundäres Spektrum	1,5285	61,0	1,0	175,3	0,8816	1,51011	4_4	7_1
O 2122	Schwerstes Baryt-Kron	1,5899	60,8	1,1	152,5	1,2010	1,57010	5_3	8_0

Typus	Benennung	Brechungsquotient D	ν	α	λ_0	log c	n_0	$+\Delta n\,10^{-5}$	Red. He auf Na —
O 337	Silikat-Kron	1,5144	60,7	1,0	172,7	0,8780	1,49627	4_1	7_0
O 3453	Borosilikat-Kron	1,5191	60,4	1,0	171,1	0,8882	1,50062	4_4	7_1
O 546	Zinksilikat-Kron	1,5170	60,2	1,0	170,6	0,8889	1,49852	4_4	7_1
O 60	Silikat-Kron	1,5179	60,2	1,0	172,3	0,8854	1,49948	4_4	7_1
O 138	Silikat-Kron mit höherem n_D . . .	1,5258	60,2	1,0	172,6	0,8910	1,50713	4_5	7_2
O 567	Silikat-Kron	1,5134	59,7	1,0	174,2	0,8806	1,49510	4_4	7_1
O 227	Barynsilikat-Kron	1,5399	59,4	1,0	171,5	0,9114	1,52038	4_7	7_3
O 2118	Kron mit niedrigem n_D	1,5095	59,4	1,0	178,2	0,8709	1,49142	4_1	7_0
O 3712	Schwerstes Baryt-Kron	1,6053	59,3	1,0	173,1	0,9580	1,58349	5_2	8_4
O 203	Gewöhnliches Silikat-Kron	1,5175	59,0	0,8	208,6	0,3958	1,49605	4_3	7_2
O 2071	Schwerstes Baryt-Kron	1,6098	58,8	1,0	175,0	0,9605	1,58776	5_3	8_5
O 2164	Kron mit niedrigem n_D	1,5102	58,4	1,0	178,7	0,8772	1,49185	4_3	7_1
O 15	Zinksilikat-Kron	1,5308	58,0	1,0	174,3	0,9082	1,51129	4_7	7_3
O 211	Schweres Barynsilikat-Kron . . .	1,5726	57,5	1,0	176,9	0,9380	1,55158	5_1	8_2
O 3376	Weiches Silikat-Kron	1,5189	57,3	1,0	176,8	0,8968	1,49980	4_5	7_4
O 3551	Zinksilikat-Kron	1,5127	57,2	1,0	177,9	0,8907	1,49380	4_3	7_4
O 1209	Schwerstes Baryt-Kron	1,6212	57,2	1,0	177,1	0,9683	1,58865	5_5	8_8
O 114	Weiches Silikat-Kron	1,5151	56,6	1,0	178,7	0,8952	1,49597	4_7	7_5
O 1615	Schwerstes Baryt-Kron	1,6080	56,4	1,0	178,3	0,9698	1,58532	5_5	8_8
O 2994	Schwerstes Baryt-Kron	1,6130	56,4	1,0	181,7	0,9654	1,59034	5_6	8_9
O 3775	Schwerstes Baryt-Kron	1,6116	55,7	1,2	147,2	1,4905	1,59091	5_6	9_0
UV 3248	UV-Flint	1,5332	55,4	1,0	179,6	0,9183	1,51298	4_9	7_9
O 463	Baryt-Leichtflint	1,5646	55,4	1,0	180,4	0,9408	1,54326	5_2	8_9
O 608	Kron mit hoher Diepersion	1,5149	54,6	1,0	181,6	0,9039	1,49525	4_8	7_7
O 3419	Fernrohrflint mit hohem ν für Objektive ohne sekundäres Spektrum .	1,5154	54,6	1,0	179,0	0,9105	1,49556	4_8	7_7
O 722	Baryt-Leichtflint	1,5797	53,8	1,0	181,8	0,9614	1,55725	5_3	8_8
O 846	Baryt-Leichtflint	1,5525	53,0	1,0	183,4	0,9433	1,53088	5_1	8_5
O 602	Baryt-Leichtflint	1,5676	53,0	1,2	147,2	1,4804	1,54740	5_3	8_8
O 3439	Fernrohrflint für Objektive ohne sekundäres Spektrum	1,5286	51,6	1,0	182,3	0,9385	1,50727	5_2	8_4
O 381	Kron mit hoher Dispersion	1,5262	51,3	1,0	186,3	0,9295	1,50512	5_2	8_4
O 583	Baryt-Leichtflint	1,5688	51,2	1,0	185,6	0,9654	1,54594	5_7	9_1
O 152	Silikat-Glas	1,5368	51,2	1,0	186,8	0,9378	1,51528	5_2	8_6
O 3422	Fernrohrflint für Objektive ohne sekundäres Spektrum	1,5257	50,9	1,0	183,2	0,9394	1,50428	5_3	8_4
O 543	Baryt-Leichtflint	1,5637	50,6	1,0	188,1	0,9614	1,54091	5_7	9_1
O 527	Baryt-Leichtflint	1,5718	50,4	1,0	187,8	0,9690	1,54862	5_8	9_2
O 3338	Fernrohrflint mit niedrigstem ν für Objektive ohne sekund. Spektrum	1,5483	49,9	1,0	185,1	0,9622	1,52563	5_6	9_0
O 164	Borosilikat-Flint für Objektive ohne sekundäres Spektrum	1,5503	49,4	1,0	183,7	0,9714	1,52721	5_7	9_1
O 2015	Schwerstes Baryt-Kron mit höherer Dispersion	1,6041	49,4	1,2	155,3	1,5175	1,58160	6_2	10_0
O 575	Baryt-Leichtflint	1,5682	49,3	1,2	156,2	1,4894	1,54706	5_9	9_4
O 522	Baryt-Leichtflint	1,5554	48,2	1,2	160,0	1,4808	1,53444	5_9	9_4
O 726	Extra leichtes Flint	1,5398	47,3	1,0	190,6	0,9658	1,51663	5_8	9_3
O 161	Borosilikat-Flint für Objektive ohne sekundäres Spektrum	1,5676	46,7	1,0	188,2	0,9988	1,54273	6_3	9_8
O 578	Baryt-Leichtflint	1,5825	46,4	1,1	177,5	1,2540	1,55864	6_4	10_2
O 378	Extra leichtes Flint	1,5473	45,9	1,0	195,0	0,9741	1,52342	6_1	9_7

Digitized by Google

Typus	Benennung	Brechungsquotient D	ν	α	λ_0	log c	n_s	$\Delta n\,10^{-5}$ +	Red. He auf Na −
O 364	Borosilikat-Flint für Objektive ohne sekundäres Spektrum	1,5753	45,9	1,0	190,9	1,0056	1,54988	6_4	10_8
O 1266	Baryt-Leichtflint	1,6042	43,8	1,2	166,9	1,5422	1,57958	7_0	11_2
O 154	Gewöhnliches Leichtflint	1,5710	43,0	1,0	199,3	1,0098	1,54478	6_7	10_6
O 876	Gewöhnliches Leichtflint	1,5660	42,9	1,2	169,3	1,5161	1,54266	6_7	10_7
O 276	Gewöhnliches Leichtflint	1,5800	42,2	1,0	204,2	1,0124	1,55328	6_9	11_1
O 569	Gewöhnliches Leichtflint	1,5738	41,4	1,2	171,6	1,5318	1,54944	7_8	11_3
O 340	Gewöhnliches Leichtflint	1,5774	41,4	1,0	202,0	1,0252	1,55005	7_1	11_3
O 184	Gewöhnliches Leichtflint	1,5900	41,1	1,0	201,4	1,0396	1,56175	7_3	11_6
O 748	Baryt-Flint	1,6235	39,1	1,2	174,8	1,5860	1,59566	8_1	12_9
O 318	Gewöhnliches Leichtflint	1,6031	38,3	1,2	175,7	1,5771	1,57574	7_9	12_7
O 118	Gewöhnliches Flint	1,6129	36,9	1,0	207,9	1,0856	1,58098	8_4	13_4
O 167	Gewöhnliches Flint	1,6169	36,5	1,0	208,9	1,0912	1,58448	8_5	13_6
O 3269	Schweres Baryt-Flint	1,6570	36,3	1,2	182,0	1,6209	1,62618	9_1	14_5
O 103	Gewöhnliches Flint	1,6202	36,2	1,0	209,4	1,0944	1,58750	8_6	13_8
O 3863	Gewöhnliches Flint nach französischer Art	1,6223	35,9	1,2	182,6	1,6002	1,59286	8_7	13_9
O 93	Gewöhnliches Flint	1,6245	35,8	1,0	209,9	1,1017	1,59119	8_8	14_0
O 919	Gewöhnliches Flint	1,6315	35,7	1,2	182,4	1,6108	1,60134	8_9	14_2
O 335	Schweres Flint	1,6372	34,8	1,0	212,8	1,1157	1,60254	9_2	14_7
O 102	Schweres Flint	1,6489	33,8	1,1	198,8	1,3850	1,61469	9_6	15_4
O 192	Schweres Flint	1,6734	32,0	1,2	186,6	1,6750	1,63800	10_6	16_9
O 41	Schweres Flint	1,7174	29,5	1,3	177,8	1,9836	1,67895	12_1	19_4
O 113	Schweres Flint	1,7371	28,4	1,3	179,7	2,0074	1,69625	13_0	20_7
O 165	Schweres Flint	1,7541	27,5	1,3	181,5	2,0258	1,71123	13_7	21_9
O 198	Schwerstes Flint	1,7782	26,5	1,3	185,3	2,0455	1,73278	14_6	23_4

Für das allgemein gebräuchliche schwerste Baryt-Kron O 2994 beispielsweise ergibt sich der Brechungsquotient für die gelbe Heliumlinie zu 1,61300 + 0,00009 = 1,61309. Wegen ihrer Kleinheit kann diese Korrektion auch für nicht genau mit dem Typus übereinstimmende Ersatzschmelzen ohne weiteres aus dieser Tafel entnommen werden. Ref. kann die Einführung der gelben Heliumlinie als Normallinie für die Bestimmung der optischen Lage von Gläsern an Stelle der D-Linie nur angelegentlichst empfehlen. *H. Harting.*

Erwiderung auf das Referat[1]) über die Arbeit von E. Giesing: „Untersuchungen ebener Reflexionsbeugungsgitter u. s. w."

In seinem Referat über die genannte, unter meiner Leitung ausgeführte Arbeit von E. Giesing, *Ann. d. Physik* **22**. *S. 333. 1907*, bemängelt der Referent, daß nicht untersucht sei, wie weit das Fernrohrobjektiv an den beobachteten und auf Schwankungen des Strichintervalles zurückgeführten Unregelmäßigkeiten beteiligt sei. Demgegenüber hat Giesing wiederholt und nachdrücklich betont, daß die von ihm angewandte Untersuchungsmethode alle wirkenden Fehler zusammen ergibt. Darunter sind, wie leicht ersichtlich, auch etwaige, nach meiner Untersuchung aber unwahrscheinliche Objektivfehler enthalten, wenn auch Giesing hierauf nicht ausdrücklich hingewiesen hat. Auch Fehler infolge etwaiger Krümmung der Gitterfläche sind darin enthalten, sodaß das vom Referenten hervorgehobene Mißglücken der betreffenden besonderen Untersuchung der Krümmung für die Arbeit und ihr Resultat gleichgültig ist. Dies ist von Giesing ebenfalls betont. Da der Referent nur

[1]) *Diese Zeitschr.* **28**. *S. 217. 1908.*

das Mißglücken hervorhebt, aber nichts über die völlige Gleichgültigkeit dieses Mißglückens für das Ziel und die Resultate der Arbeit sagt, so hebe ich es hier nochmals hervor.

Die Analyse der Anordnung nach der neuen Methode besteht darin, daß empirisch die Änderung der „Schwankungen" des Beugungsbildes verfolgt wird, welche mit einer Vergrößerung der wirkenden Gitterfläche eintritt. Sie ergibt den möglichen Gesamtfehler des bei der vorhandenen Anordnung von der ganzen Gitterfläche erzeugten Beugungsbildes. Daß dieser so selbständig ermittelte mögliche Gesamtfehler übereinstimmt mit der Abweichung des Gesamtresultates der absoluten Messung von den Resultaten Fabry und Perots, ist das Ergebnis von Giesings Arbeit. Wie weit die beobachteten Schwankungen der Beugungsbilder, welche von wenigen Furchen erzeugt sind, allein dem Gitter zuzuschreiben sind, ist eine zweite, für Giesings Ziel weniger wichtige, von ihm daneben auch verfolgte, aber nicht vollständig beantwortete Frage. Daß diese instrumentell interessante Nebenfrage nicht vollständig beantwortet ist, ist für das eben angegebene physikalisch wichtigste Ergebnis gleichgültig[1]).

Ferner ist es selbstverständlich, daß sich die Messungen auf die Hauptlinien 5461 und 5791 des Quecksilbers beziehen, und nicht durch die in der Gleichstrombogenlampe sehr viel lichtschwächeren Satelliten dieser Linien gestört sein können, ebenso wie die zum Vergleich herangezogenen Messungen von Fabry und Perot selbstverständlich die intensiven Hauptlinien betreffen. Dies erscheint so überaus selbstverständlich, daß ein Eingehen auf die wegen ihrer Lichtschwäche daneben nicht wahrgenommenen Satelliten ganz überflüssig war, und daß des Referenten Bemerkung „seltsam" erscheint.

Die von Giesing benutzte Quecksilberlampe nach Perot und Fabry ist lichtstärker, als alle damals käuflichen Lampen, weil man durch den Bogen hindurch auf die reflektierende Quecksilberfläche visiert. Diese Lampe, welche jetzt auch käuflich ist, brennt bei richtiger Konstruktion beliebig lange ohne Kühlung. Obwohl Giesing sich keine bessere Lampe als ein für seine Zwecke ungeeignet konstruiertes Exemplar machen konnte, war dieses wegen seiner Lichtstärke doch noch besser als alle käuflichen Lampen. Aber natürlich kann der Referent besser als wir beurteilen, welche Lichtintensität Giesing brauchte, und welche Lampen zweckmäßiger gewesen wären.

Die Arbeit von Giesing ist eine sehr sorgfältige und bleibt es auch, selbst wenn die Zahlen noch einige Druckfehler haben. Sie verdient keinesfalls die abfällige allgemeine Bemerkung, welche der Referent sich im letzten Abschnitte erlaubt, ohne irgend einen Beleg für sie zu erbringen. *F. Paschen.*

Erwiderung auf vorstehende Bemerkungen.

Den Ausführungen des Hrn. Paschen gegenüber erhalte ich meine in dem Referat gemachten kritischen Bemerkungen als berechtigt gewesene aufrecht.

Mit keinem Worte ist Hr. Giesing auf die Güte des Fernrohrobjektivs eingegangen. Zahlenmäßiges hierüber scheint auch jetzt noch Hr. P. nicht angeben zu können, da er nur von „etwaigen, nach seiner Untersuchung aber *unwahrscheinlichen* Objektivfehlern" spricht. Er gibt zu, daß die beobachteten Spaltbild-Verschiebungen von Fehlern des Objektivs beeinflußt sein können. Da nun die Güte der Gitter sicherlich in keiner Weise von der Güte des zufällig benutzten Objektivs abhängt, so ist es klar, daß sowohl die Gitterfehler als auch die Objektivfehler für sich zu untersuchen waren, und nicht bloß alle wirkenden Fehler zusammen. Demgemäß war die Größenordnung der durch die Objektivfehler allein verursachten Spaltbild-Verschiebungen zu bestimmen bezw. nachzuweisen, daß diese klein sind gegenüber denjenigen, welche wirklich auf die Inkonstanz des Gitterintervalles zurückzuführen sind. Nur wenn sich das letztere ergeben hätte, war Hr. G. berechtigt, die beobachteten Spaltbild-Verschiebungen einfach auf Schwankungen des Strichintervalles zurückzuführen und z. B. zu schließen, daß die Gitterteilung periodische Fehler nicht aufweise.

[1]) Den Absatz „Die Analyse der Anordnung . . . physikalisch wichtigste Ergebnis gleichgültig." hat Hr. Paschen hinzugefügt, nachdem er von der folgenden Erwiderung des Referenten Kenntnis genommen hatte. Der Ref.

Was nun die Krümmung der Gitterflächen betrifft, so ist nach meinem Dafürhalten entgegen Hrn. G. leicht einzusehen, inwiefern durch eine Gitterflächenkrümmung der Abstand der Furchen variiert wird. Die durch eine solche Krümmung direkt erzeugte Änderung des Furchenintervalles ist nämlich verschwindend klein gegenüber der Änderung, welche der Einfallswinkel des Lichtes erleidet. Angenommen, zwei weit voneinander entfernte Flächenelemente des Gitters bilden einen Winkel von 8″ miteinander, so würde bei Ausschluß irgendwelcher durch die Teilmaschine hervorgerufenen Teilungsfehler das Furchenintervall an den beiden Stellen im ungünstigsten Falle nur um $^1/_{1\,300\,000\,000}$ seines Wertes verschieden sein, was also für die vorliegenden Zwecke gar nicht in Betracht kommt. Dagegen würde, wie schon im Referat bemerkt worden ist, die Änderung eines Einfallswinkels von 26° um diese 8 Sekunden eine Spaltbild-Verschiebung verursachen, die, wollte man sie auf Inkonstanz des Gitterintervalles schieben, bereits einer Änderung des Furchenintervalles um $^1/_{13\,000}$ seines Wertes entsprechen würde.

Die aus letzterem Grunde eintretende Spaltbild-Verschiebung ist aber bereits von der Größenordnung der beobachteten Schwankungen des Beugungsbildes. So wurden z. B. bei 200 zusammenwirkenden Furchen für Gitter G_I bei einem Einfallswinkel von 26° Spaltbild-Verschiebungen beobachtet, welche Änderungen des Furchenintervalles bis zu $^1/_{9700}$ entsprechen würden. Da nun die Fehler der Gitterteilung unabhängig von der Gitterkrümmung sind, so ist es gewiß von großem Interesse, die durch die Gitterteilung bezw. Gitterkrümmung verursachten Fehler gesondert kennen zu lernen; man könnte dann beurteilen, ob Brashear mit dem Planpolieren oder Rowland mit dem Teilen des Gitters den höheren Grad der Vollkommenheit erreicht hat. Mit Recht hat deshalb Hr. G. die Krümmung der beiden Gitterflächen zu ermitteln versucht; leider ist ihm, wie gesagt, diese Prüfung mißglückt. Wenn daher Hr. P. jetzt erklärt, daß der Abschnitt „II. Untersuchung der Flächen der beiden Gitter auf Krümmung." für die Arbeit „völlig gleichgültig" ist, obwohl diese in den Ann. d. Physik als Auszug aus der Dissertation bezeichnet wird und der Abschnitt II in den Ann. d. Physik fast drei volle Seiten einnimmt, so vermag ich hierin Hrn. P. nicht beizupflichten. Auch sagt Hr. G. in der Einleitung ausdrücklich: „Nach dem Vorstehenden war also meine experimentelle Aufgabe folgende: 1. Feinere Untersuchung der beiden Gitter auf ihre Fehler, und zwar einerseits *auf Krümmung der Gitterfläche*, andererseits auf Inkonstanz des Furchenintervalles."

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich also, daß an den Spaltbild-Verschiebungen die Inkonstanz des Furchenintervalles, die Gitterkrümmung und die Objektivfehler beteiligt sein können. Um demnach aus den beobachteten Spaltbild-Verschiebungen die Fehler der Gitterteilung in einwandfreier Weise herleiten zu können, ist es unbedingt erforderlich nachzusehen, ob Gitterkrümmung und Objektivfehler zusammen schon für sich merkliche Spaltbild-Verschiebungen hervorrufen. Eine solche Untersuchung hätte, wie schon im Referat angegeben, leicht in der Weise erfolgen können, daß man bei zu den Lichtstrahlen senkrechter Stellung der Gitterplatte das mittlere, nicht abgelenkte Spaltbild beobachtete. Man darf wohl sagen, daß Hr. G., wenn er seinerzeit an diesen einfachen Versuch gedacht hätte, ihn auch angestellt haben würde.

Aus meinem Referat geht deutlich hervor, daß ich durchaus nicht im Zweifel darüber gewesen bin, daß sich die Messungen auf die Hauptlinien von Hg 546,1 und 579,1 beziehen. Es ist aber nicht ohne weiteres selbstverständlich, daß die Messungen durch die Trabanten gar nicht gestört sein können. Wie vorsichtig und mit Recht behandelt z. B. Hamy (*Compt. rend. 130. S. 489. 1900*) diese Frage bei seinen Wellenlängen-Bestimmungen. So gut wie in der Arbeit darauf hingewiesen wurde, daß beide Gitter Geister aufweisen, diese jedoch so schwach sind, daß sie die Hauptspektra nicht stören, hätte auch bemerkt werden können, daß bei den benutzten hohen Ordnungen die lichtschwächeren Trabanten nicht mehr wahrzunehmen waren.

In den Ann. d. Physik schreibt Hr. G.: „Als Lichtquelle diente mir der im Vakuum erzeugte Quecksilberbogen; Hr. Prof. Paschen hatte mehrere *vorzügliche* Lampen nach dem Prinzip von Arons[1]) hergestellt." Über diese vorzüglichen Lampen klagt nun Hr. G. in

[1]) Diesen Namen schreibt übrigens Hr. G. stets unrichtig Aron.

seiner Dissertation folgendermaßen: „Da ich leider die Lampe nie länger als 20 Minuten hinter einander brennen lassen konnte und ihr dann stets 15 Minuten Zeit zur Abkühlung lassen mußte, so kann man ausrechnen, daß zu einem fortlaufenden Versuch über das ganze Gitter hinweg mehr als ein Tag nötig gewesen wäre.“ Dies ist mir bei der Lektüre sehr aufgefallen, und zwar um so mehr, weil ich bisher gerade mit den Quecksilberlampen in der von Fabry und Perot angegebenen Form nur gute Erfahrungen gemacht habe und die „von Herrn Professor Paschen selbst hergestellten Lampen“ des Hrn. G. nach demselben Prinzip gebaut waren. Nun Hr. P. bezeichnet jetzt ja selbst die von Hrn. G. benutzte Lampe als „ein für seine Zwecke ungeeignet konstruiertes Exemplar“. Im übrigen will ich noch darauf hinweisen, daß schon seit vielen Jahren Jobin in Paris (illustriertes Preisverzeichnis von 1902, *Appareils destinés à l'étude et aux applications des interférences par lames argentées expériences de MM. Fabry et Perot*) sehr lichtstarke und fertig montierte Fabry-Perotsche Quecksilberlampen liefert, bei denen man durch den Bogen hindurch auf die reflektierende Quecksilberfläche visiert.

Im Augenblick erinnere ich mich noch, bei der Lektüre der Abhandlung in den Ann. d. Physik auf die folgenden Druckfehler in den Zahlenangaben

S. 350 unten,	statt	162,2	lies	162,8,
S. 355 unten,	„	119° 19′	„	109° 19′,
S. 355 unten,	„	209° 19′	„	199° 19′,
S. 356 oben,	„	88° 53′ 54,30″	„	88° 53′ 54,33″,

sowie auf die folgenden Rechenfehler

S. 358 oben	in Kolumne	IX,		statt	25,845 80	lies 25,345 79,
S. 359 oben	„ „	X,		„	5460,828	„ 5460,822,
S. 359 oben	„ „	XVI,		„	0,107	„ 0,120,
S. 359 unten	„ „	XVI,	erste Messung vom 21. II.,	„	0,0535	„ 0,0538,

gestoßen zu sein Als Referent habe ich also wohl, auch ohne die besondere „Erlaubnis“ des Hrn. P., das Recht gehabt, auf das Vorhandensein von Druck- und Rechenfehlern hinzuweisen. Ich gebe indessen gern Hrn. P. die Versicherung, daß ich mit dem Hinweise auf störende Druck- und Rechenfehler in keiner Weise den Wert der Arbeit des Hrn. G. herunter-setzen wollte. Aber ich muß Hrn. P. auch erklären, daß es ganz unzulässig ist, derartiges aus meinen Schlußbemerkungen im Referat herauszulesen, denn einerseits beginnt mein Referat mit dem Satze: „Diese Abhandlung liefert einen *wertvollen* Beitrag zum Kapitel des ebenen Beugungsgitters und zur Klärung der Frage seiner Zuverlässigkeit.“, andererseits wird ein Referent nicht in einem ausführlichen, vier Seiten langen Referat über eine Arbeit berichten, von deren Wert er nicht überzeugt ist. *Otto Schönrock.*

Eine neue Stromwage und eine Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Normal-Weston-Kadmiumelements.

Von W. E. Ayrton, T. Mather und F. E. Smith. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **207.** *S. 463. 1908; National Phys. Laboratory Collected Researches* **4.** *S. 1. 1908.*

Bei der von den Verf. konstruierten und zur Messung der absoluten elektromotorischen Kraft von Kadmiumelementen benutzten Stromwage wird die Stromstärke gemessen durch die Anziehung beweglicher Spulen auf feste Spulen; das durch die Anziehung auf einen Wagebalken ausgeübte Drehmoment wird durch aufgelegte Gewichte kompensiert und bestimmt. Die bei diesem Apparat und den damit ausgeführten Messungen angestrebte Genauigkeit ist eine möglichst hohe, und die Verf. haben allen Einzelheiten eine große Sorgfalt zugewandt. Sie selbst sagen darüber, daß die von ihnen beschriebene Stromwage sich als das vollkommenste absolute elektrische Instrument erwiesen habe, das bisher konstruiert worden sei, und daß die Stromeinheit nun mit einer beträchtlich größeren Genauigkeit bekannt sei, als irgend eine andere elektrische Größe, die absolut gemessen worden ist. Die Stromwage sei daher wert, als internationales Normal-Instrument für die absolute Bestimmung des Ampere angenommen zu werden.

Digitized by Google

Das Prinzip der Stromwage ist aus Fig. 1 zu entnehmen. Auf jeder Seite des Wagebalkens sind je zwei konaxiale Spulen mit vertikaler Achse vorhanden, von denen die eine am Ende des Wagebalkens aufgehängt, die andere dagegen fest ist; sie sind mit einer einfachen Drahtlage in schraubenförmigen Windungen versehen. In diesem Fall kann die Formel benutzt werden, die von Viriamu Jones für die Berechnung der elektromagnetischen Kraft F zwischen einer schraubenförmigen Kurve und einer kreisförmigen Stromscheibe angegeben worden ist, nämlich $F = \gamma_k \gamma (M_2 - M_1)$; hierin bedeuten γ_k und γ die Stromstärke in der Schraubenkurve bezw. die Stromstärke für die Längeneinheit der Stromscheibe, $M_1 M_2$ die Koeffizienten der gegenseitigen Induktion der Schraube und der beiden Endflächen der Kreisscheibe. Im vorliegenden Fall ist $\gamma = \gamma_k$, und die Stromwage mißt das Quadrat der Stromstärke. Wie aus den Pfeilen in Fig. 1 zu ersehen ist, werden die beiden inneren, beweglichen Spulen vom Strom in der gleichen Richtung durchflossen, während bei den festen Spulen die Stromrichtung im oberen Teil umgekehrt ist wie im unteren. Die gezeichnete Stromrichtung ist derart, daß durch die Anziehung der Spulen auf den Wagebalken ein Drehmoment im Sinne des Uhrzeigers ausgeübt wird. Alle Spulen bestehen aus unbespnnenem Draht, der auf hohlen Marmorzylindern in Nuten aufgewickelt ist, und zwar derart, daß ein doppeltes Schraubengewinde eingedreht ist, deren jedes mit einem besonderen Draht bewickelt ist, um die Isolation messen und verschiedene Schaltungen vornehmen zu können. Es entstehen auf diese Weise im ganzen 12 Spulen, die beim normalen Gebrauch alle hinter einander geschaltet sind.

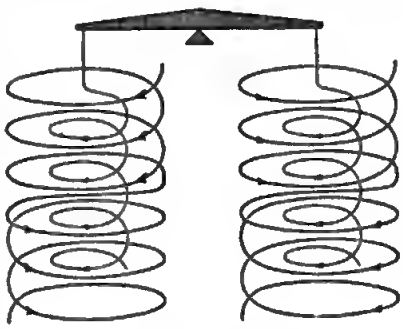


Fig. 1.

Die von L. Oertling in London angefertigte Wage (Fig. 2) ist mit einem Glasgehäuse umschlossen und wird von einem einstellbaren Ständer aus Phosphorbronze getragen.

An beiden Seiten des Ständers befinden sich bewegliche Träger B für die festen Spulen, die mittels vertikaler Schrauben S um etwa 35 *cm* gehoben und gesenkt werden können. Ein auf den Trägern angebrachter beweglicher Schlitten kann in zwei aufeinander senkrechten Richtungen horizontal mittels Mikrometerschrauben um kleine Strecken verschoben werden. Die Köpfe der Schrauben sind derart eingeteilt, daß ein Teilstrich $^1/_{1000}$ Zoll ($^1/_{40}$ *mm*) entspricht, wovon der zehnte Teil noch geschätzt werden kann. Zur Vermeidung des toten Gangs bei der horizontalen Bewegung sind starke Gegenfedern angebracht, während bei der vertikalen Schraube das Gewicht der Spule zur Vermeidung dieses Fehlers ausreicht. Wenn sich die Träger in ihrer höchsten Stellung befinden, ragen sie durch Öffnungen in die Grundplatte der Wage hinein. Der dichtere Abschluß wird durch Kupfermanschetten bewirkt, die die Träger umgeben und derart beweglich auf der Grundplatte der Wage angeordnet sind, daß sie kleinen Verschiebungen der Träger folgen können. Die Marmorzylinder stehen nicht unmittelbar auf den Trägern, sondern auf ringförmigen, unten offenen Stücken aus Phosphorbronze, die auf feinen, in der Trägerplatte angebrachten Justierschrauben ruhen, sodaß die Spulen von außen senkrecht eingestellt werden können.

Der etwa 51 *cm* lange Wagebalken ist für eine beiderseitige Belastung von 50 *kg* bestimmt und reagiert auf ein Übergewicht von 0,1 *mg*. An jeder Seite sind noch in 100 Teile geteilte Reiterbalken und zwei Reiterträger angebracht. Das Verhältnis der Wagebalken wurde zu 1,00001 bestimmt. Alle Schneiden und Ebenen sind aus Achat gefertigt. An den Endschneiden der Wage sind die Gewichtsschale und die beweglichen Spulen unabhängig voneinander justierbar angehängt. Auf die Einzelheiten der Konstruktion kann hier nicht näher eingegangen werden, es muß hierfür auf das Original verwiesen werden. Um die Spulen senkrecht hängen zu können, sind sie mittels verstellbarer Drähte an einem Dreifuß befestigt, der an den Schneiden aufgehängt ist und an den drei Enden

schwere Schrauhenmuttern zur Einregulierung seiner Lage hesitzt. Die Arretierung der Spulen geschieht mittels einer unterhalh derselhen angehrachten Kupferscheibe, die mittels dreier Drähte ebenfalls justierhar an dem Arretierungshalken hefestigt ist. Die Gewichte werden von außerhalh mittels hesonderer Stangen anf eine eigenartig gestaltete Vorrichtung aufgesetzt, die ebenfalls an den Schneiden hängt. Die Einrichtung ist von Oertling in so vorzüglicher Weise ausgeführt worden, daß es ohne Einfluß auf die Null-Lage ist, an welcher Stelle sich das aufgelegte Gewicht hefindet.

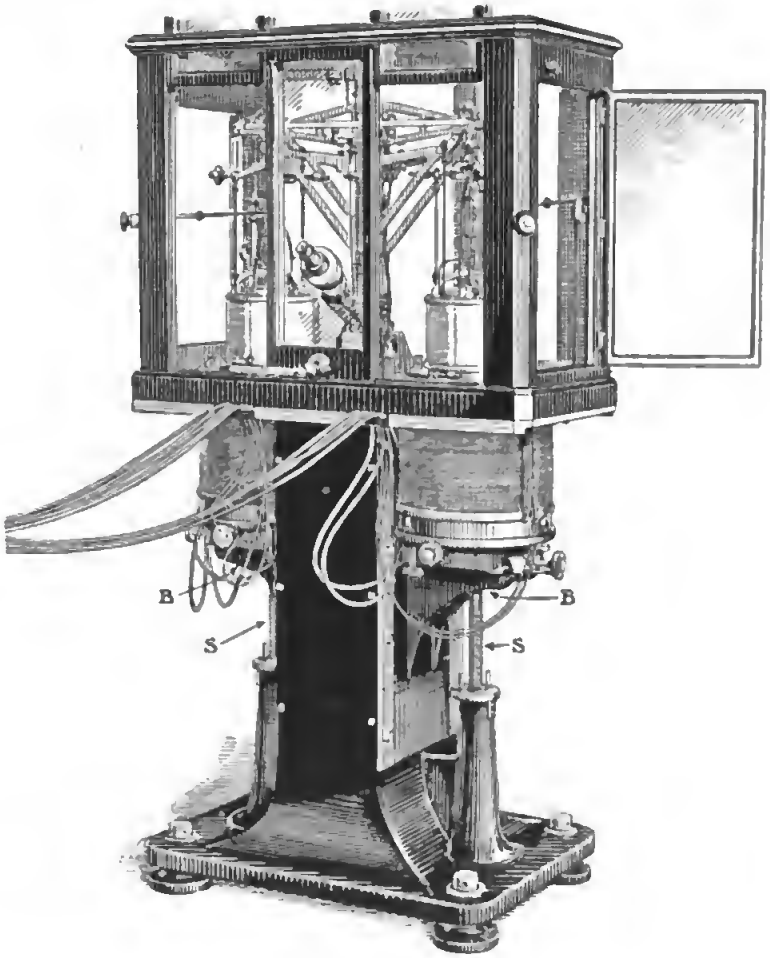


Fig. 2.

Die Arretierung des Wagehalkens geschieht ohne merkliches Heben und Senken der Spulen, was für die Justierung von großer Bedeutung ist. Oertling hat es erreicht, daß der Wagehalken nicht mehr als 4 μ zum Zweck der Arretierung gehoben wird, und die Scheiben, welche die Spulen tragen, werden arretiert mit einer Bewegung von weniger als 0,08 *mm*. Die Arretierung selhst geschieht durch Drehen eines an der Wage sichtharen Hebels um 180°. Eine hesondere Vorrichtung gestattet, den Wagehalken allein zu arretieren, während die Gewichtssehalen und die Spulen noch an der Wage frei hängen. Zur Beobachtung der Null-Lage des 37 *cm* von der Schneide entfernten Endpunkts des Zeigers dient ein Mikroskop von 48-facher Vergrößerung. Der Zeiger schwingt vor einer geteilten Stahl-Skale, die mit einer Nernst-Lampe aus einer Entfernung von etwa 2 *m* heleuchtet wird. Jeder Teilstrich der Skale entspricht $^1/_{10}$ *mm*. Bei allen Beohachtungen wurde die Schwingungsmethode henutzt, und es kamen dabei nur Ausschläge von wenigen Skalenteilen in An-

wendung. Der Zugang zur Wage wird durch zwei verschiebbare Scheiben auf der Vorder- und Hinterseite vermittelt, an den Seiten des Gehäuses befinden sich nach außen zu öffnende Türen. Das vordere Mittelteil, welches das Mikroskop trägt, kann ebenfalls entfernt werden.

Alle bei dem Bau der Wage verwendeten Materialien wurden natürlich sorgfältig auf Magnetisierbarkeit untersucht, und zwar mittels einer Induktionswage unter Verwendung eines ballistischen Galvanometers. Unbrauchbare Materialien wurden verworfen, was oft viel Mühe und Zeitaufwand verursachte. Auch die fertige Wage wurde geprüft, und zwar in der Weise, daß durch die beweglichen oder durch die festen Spulen allein ein Strom gesandt und kommutiert wurde; hierbei trat keine Nullpunktsänderung ein.

Etwas näher muß noch auf die Herstellung und Ausmessung der Spulen, die Art der Stromzuführung u. s. w. eingegangen werden.

Der zur Herstellung der Zylinder verwendete Marmor aus Carrara erwies sich als ein vorzüglicher Isolator und zeigte eine zu vernachlässigende magnetische Suszeptibilität. Der Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 25° wurde zu 24×10^{-7} pro Grad bestimmt. Die Dimensionen der Zylinder sind folgende: die großen (festen) Zylinder haben einen (äußeren) Durchmesser von 33 *cm*, eine Wandstärke von 5 *cm* und eine Länge von 28 *cm*, die kleinen (beweglichen) einen Durchmesser von $20^1/_2$ *cm*, eine Dicke von $1^1/_2$ *cm* und eine Länge von $15^1/_2$ *cm*. Das Abdrehen der Zylinder wurde mit großer Sorgfalt und sehr langsam ausgeführt; es erforderte bei einem großen Zylinder 5 Wochen. Der Stahl zum Abdrehen wurde in Quecksilber gehärtet und nicht angelassen. Die Drehbank war vorher durch Abdrehen eines Stahlzylinders auf Konizität und Elliptizität untersucht. Da die Zylinder trotzdem noch konisch waren, wurden die beweglichen Zylinder zwischen festen Zentren abgedreht. Die fertigen Zylinder wurden 30 Stunden auf 140° erhitzt und bei 110° in Paraffin getaucht, in dem sie 36 Stunden verblieben. Beim Eintauchen entstanden keine Gasblasen, auch zeigten die Zylinder keine Sprünge. Die Nuten, in die die Drähte zu liegen kamen, wurden V-förmig mit einem Winkel von 85° und einer Steigung von 1,4 *mm* eingedreht. Bei den festen Spulen blieb in der Mitte ein Raum von etwa 3 *cm* frei. Die Zuleitungen zu den Windungen müssen in einer Ebene liegen, welche die Achse enthält, damit sie keine elektrodynamische Wirkung ausüben. Für die Drahtwindungen wurde blanker Kupferdraht von 0,559 *mm* (Mittel aus mehreren hundert Messungen) verwendet, der einen Widerstand von 0,149 Ohm bei 15,5° und ein Gewicht von 1 *g* pro Meter hatte. Beim Aufwickeln auf der Drehbank, das sehr langsam geschah, wurde der Draht durch ein Gewicht gespannt und passierte mit Alkohol getränkte Seide und darauf trockene Seide; nach dem Aufwickeln wurde er an seitlich in die Zylinder eingeschraubten Messingstücken festgelötet. Die kleineren Spulen sind ähnlich, nur sind die in diesem Fall nach innen mündenden Zuführungen entsprechend einfacher. Die beweglichen Spulen haben 184 Windungen, die festen je 180 in der oberen und unteren Hälfte. Nach dem Wickeln der Spulen wurden zum Zweck der Ausmessung des Durchmessers die Marken von 14 axialen Ebenen in gleichem Winkelabstand auf den Endflächen eingraviert.

Die Länge der Spulen wurde mittels eines Komparators sowohl für einen Teil der Windungen wie für die Gesamtlänge bestimmt. Diese Messung ist der ungenaueste Teil der Bestimmungen, da die Grenze des Drahts im Mikroskop nicht scharf kenntlich ist. Den wahrscheinlichen Fehler der Längenmessung schätzen die Verf. auf etwa $1{,}5 \times 10^{-5}$. Die Gesamtlänge jeder Spule beträgt nahe 13 *cm*. Die Längen der beweglichen Spulen unterscheiden sich um 1 μ; auch die festen Spulen sind nur wenige μ voneinander verschieden. Kontrolliert wurde die Längenmessung noch an einem gleichzeitig mit den Spulen abgedrehten Stahlzylinder. Die Unterschiede betragen auch hier nur wenige μ.

Der äußere Durchmesser der Drahtwindungen wurde mittels einer optischen Fühlhebelmethode gemessen. Die Ablesung der Spiegeleinstellung geschah objektiv, indem von einem Nernst-Faden auf einer weißen Fläche in der Entfernung von etwa $1^1/_2$ *m* ein Bild entworfen wurde. Einer Vorwärtsbewegung des Mikrometers um 1 μ entsprach ein Ausschlag von 2 *mm* auf der Skale. Zum Zweck der Messung wurde der Marmorzylinder auf einem Gestell leicht drehbar in genau vertikaler Lage zwischen zwei derartigen Fühlhebel-

vorrichtungen aufgestellt; die Temperatur betrug konstant 15,5° C. Auf diese Weise wurde für jede Spule an 9 Windungen der mittlere Durchmesser in den 14 markierten Ebenen bestimmt. Als Vergleichsmaße dienten in Zoll ausgewertete Kalibermaße, und zwar für die kleinen Spulen ein solches von 8 Zoll, das für die großen mit einem von 5 Zoll kombiniert wurde. Für die Berechnung der Anziehungskraft kommt es nur auf das Verhältnis der Längen an; das Längenverhältnis der Kalibermaße war bekannt auf weniger als 5×10^{-8}, die Fehler bei der Zusammensetzung betrugen nicht mehr als 1 μ. Zur Umrechnung in *cm* diente die Beziehung: 1 Zoll = 2,539998 *cm*. Aus den mitgeteilten Tabellen und graphischen Darstellungen ergibt sich, daß die Elliptizität und Konizität der Spulen so gering sind, daß sie für die Berechnung nicht in Betracht kommen. Die Konizität beträgt bei den aufgehängten Spulen $^1/_{8000}$ bezw. $^1/_{10000}$. Bei jeder Spule wurden etwa 100 Beobachtungen gemacht, sodaß der Durchmesser nach Angabe der Verf. mit einer Genauigkeit von 5×10^{-6} bekannt ist. Bei Annahme absoluter Konstanz der Durchmesser zwischen Ausmessung und Aufstellung der Spulen ist die gegenseitige Induktion dann ebenfalls auf 5×10^{-6} bekannt. Die Differenz der gegenseitigen Induktion beider Systeme links und rechts war berechnet zu 0,0062 %, experimentell wurde sie zu 0,0054 gefunden. Größere Schwierigkeit bereitete die Isolation der Spulen. Der Widerstand zwischen den beiden voneinander getrennten Windungen betrug zunächst nur 50 Ohm. Es stellte sich heraus, daß die Zwischenräume zwischen den Windungen durch zahllose Kupferpartikelchen überbrückt waren, die durch Auswaschen mit Alkohol nur zum Teil beseitigt werden konnten. Schließlich gelang es durch Anwendung eines starken Stroms, diese Partikelchen zu verbrennen, bis ein Widerstand von 1000 Megohm erreicht wurde. Darauf wurden die Spulen in heißem Zustand mit Paraffin überzogen. Isolation mit Schellack wurde nur bei den festen Spulen verwandt, da dieser sich stark hygroskopisch zeigte. Nach längerer Zeit wurden Kontrollmessungen angestellt, die ergaben, daß durch die erwähnten Operationen keine Änderungen eingetreten waren.

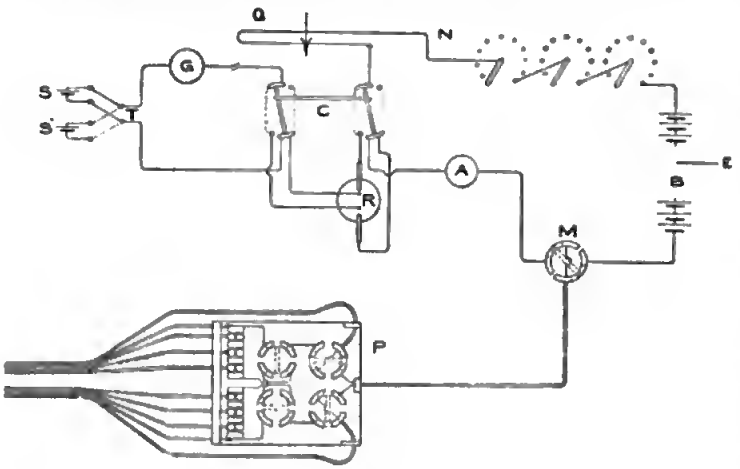


Fig. 3.

Die Stromzuführung zu den Spulen geschah durch konzentrische Kabel, die parallel zu der Achse der Spulen oder radial geführt wurden. Zur Überleitung des Stroms zu den beweglichen Spulen dienten 160 Silberdrähte von 25 μ Durchmesser, die von der Aufhängung zum Wagenständer führten, an dem das konzentrische Kabel mündete. An den beweglichen Spulen selbst saß ein Kommutator zur Schaltung der zweifachen Windung. Die Kabel führten außerhalb der Wage zu einem Schaltbrett mit Kontakten und Kommutatoren, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, die die ganze Schaltanordnung wiedergibt. In dieser bedeutet A einen Strommesser zur ungefähren Einstellung der Stromstärke, B die Batterie von 55 Akkumulatoren zu 30 Amperestunden, die bei E geerdet ist, C einen doppelten Kommutator, G ein Galvanometer nach Broca von 1000 Ohm Widerstand, M einen Kommutator, N einen Regulier-Widerstand, P das Schaltbrett der Stromwage, R einen Normalwiderstand von 1 Ohm, S und S' Kadmium-Normalelemente, die abwechselnd durch den Umschalter T benutzt werden können. Der Regulier-Widerstand bestand aus je 10 Manganinwiderständen von 10, 1 und 0,1 Ohm in Serie mit einem stetig variablen Quecksilberwiderstand Q von 0,12 Ohm. Die Manganinwiderstände sind auf lange Messingröhren gewickelt und in Paraffinöl eingetaucht. Unter

günstigen Bedingungen konnte so der Strom auf $2 \cdot 10^{-6}$ für eine Stunde, bei eingeschalteten Stromspulen aber nur für etwa 5 Minuten konstant gehalten werden. Die Empfindlichkeit des Galvanometers war derart, daß ein Ausschlag von 5 *mm* bei einem Skalenabstand von 1,5 *m* etwa 1×10^{-8} Ampere entsprach. Die Normalelemente befanden sich in einem Raum von konstanter Temperatur, da sie andernfalls störende Schwankungen durch Nachwirkung zeigten. Der Normalwiderstand ist aus dickem Manganindraht hergestellt und gealtert und kann etwa mit 10 Amp. beansprucht werden. Da dieser Widerstand starke zeitliche Änderungen zeigte, wurde er jedesmal mit konstanten Manganinbüchsen verglichen. Als Rührvorrichtung für die Widerstände diente zur Vermeidung elektromagnetischer Wirkungen ein Luftstrom. Das Schaltbrett *P* gestattet, die verschiedenen Schaltungen zur Umschaltung der Ströme in den Spulen rasch vorzunehmen.

Die richtige Justierung der Spulen geschah auf elektrischem Wege, indem auf das Maximum der Wirkung eingestellt wurde. Es muß erreicht werden, daß die Mittelebene der aufgehängten Spulen mit den entsprechenden Ebenen der konzentrischen, festen Spulen und daß diese Ebenen für beide Seiten der Wage zusammenfallen, sowie daß die Achse der beweglichen und festen Spulen die gleiche ist. Daß auf beiden Seiten der Wage Spulen vorhanden sind, hat, abgesehen davon, daß die Kraft verdoppelt wird, mehrfache Vorteile. Besonders kompensieren sich die für die Konstanz der Wage so störenden, von den erwärmten Spulen und Zuführungen ausgehenden Luftströmungen. Bei einseitiger Benutzung der Spulen wird der Nullpunkt der Wage schnell inkonstant. Auch daß doppelte Spulen auf jedem Zylinder vorhanden sind, ist vorteilhaft, da man die Meßgenauigkeit durch die verschiedenartigen Kombinationen erhöhen kann und auf diese Weise Kontrollen für die Richtigkeit der Messungen erhält. Je nach der Kombination kann man die Summe oder Differenz der Wirkungen erhalten.

Die Anziehung beider Sätze von Spulen, wenn diese hinter einander geschaltet sind und von 1 Amp. durchflossen werden, wird kompensiert durch ein Gewicht von 7,49964 *g*, wenn die Schwerkraft zu 981,20 (Wert in dem Teddington benachbarten Kew) gesetzt wird. Die Gewichtsänderung bei Kommutierung des Stromes beträgt das Doppelte. Bezeichnet dann *m* das aufgelegte Gewicht, so ist die Stromstärke gleich $\sqrt{m}/14{,}99928$. Auf die Berechnung der Anziehung der Spulen aus ihren geometrischen Dimensionen, die auf elliptische Integrale führt, soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Die größte Schwierigkeit bei den Messungen bereiteten die durch die Stromwärme und die dadurch bedingten Luftströmungen hervorgerufenen Störungen der Wage. Wenn der Strom 20 Minuten geschlossen blieb, war der Nullpunkt der Wage nicht mehr konstant; es konnten dann erst wieder nach 3 bis 4 Stunden neue Messungen vorgenommen werden. Es wurde deshalb ein Beobachtungssatz am Morgen und einer am Nachmittag gemacht, sodaß die Wage mehrere Stunden abkühlen konnte. In der Zwischenzeit wurden die Elemente mit dem Silbervoltameter verglichen; diese Messungen sind in einer anderen Abhandlung der Hrn. Smith, Mather und Lowry mitgeteilt, über die hier besonders berichtet werden wird. Ein Beobachtungssatz bestand aus folgenden Messungen: Der Strom wurde durch die Spulen in der Weise geleitet, daß sich die Wirkungen addierten, und die entsprechende Masse bestimmt; dann wurde der Strom in den festen Spulen kommutiert, darauf der ganze Strom kommutiert, dann nochmals in den festen Spulen; zuletzt wurde nochmals der ganze Strom kommutiert, und dabei wurden jedesmal die Gewichte bestimmt. Als Mittelwert für das von dem Verf. benutzte Kadmiumelement ergibt sich aus 71 Beobachtungen, die eine hervorragend gute Übereinstimmung zeigen (größte Abweichung vom Mittel nicht ganz 3×10^{-5}) eine elektromotorische Kraft von 1,018197 Volt bei 17° C.; da das zu den Messungen benutzte Element um 11 Mikrovolt kleiner war, als die normalen Elemente, leiten die Verf. (bezogen auf den endgültig angenommenen Wert $g = 981{,}19$) den Wert

1.01830[1]) Volt bei 17° C.

für die elektromotorische Kraft des Kadmium-Normalelementes ab.

[1]) Die Elemente, auf die sich diese Zahl bezieht, sind mit Merkurosulfat normaler Korngröße erhalten. Der Wert ist nicht ohne weiteres mit den jetzt üblichen Zahlen vergleichbar, da ihm nicht

Diesem Wert liegt das internationale Ohm des *National Physical Laboratory* zugrunde, das sich von dem der Reichsanstalt nur sehr wenig unterscheidet. Der auf das absolute Ohm bezogene Wert läßt sich nicht mit Sicherheit angeben.

Die von den Verf. ermittelte Formel für die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft des Kadmiumelementes von der Temperatur

$$E_t = E_{17} - 3{,}4_5 \times 10^{-5}(t - 17^\circ) - 0{,}066 \times 10^{-5}(t - 17^\circ)^2$$

ist praktisch identisch mit der von der Reichsanstalt angegebenen Formel

$$E_t = E_{20} - 3{,}8 \times 10^{-5}(t - 20^\circ) - 0{,}065 \times 10^{-5}(t - 20^\circ)^2.$$

Die Elemente waren während der über einen großen Zeitraum (Sept. 1905 bis April 1907) sich erstreckenden Messungen bis auf einige Hunderttausendstel konstant.

Für das Verhältnis der elektromotorischen Kraft des Clark-Elementes bei 15° zu der des Kadmiumelementes bei 17° C. wurde in Teddington gefunden

$$\frac{\text{Clark bei } 15^\circ}{\text{Kadmium bei } 17^\circ} = 1{,}406_6{}^{1}),$$

sodaß für das Clark-Element (mit normalem Merkurosulfat und unter Zugrundelegung der absoluten Bestimmung) bei 15° der Wert 1,4323 folgen würde, während Guthe 1,43296 gefunden hatte.

Die größte Unsicherheit der mitgeteilten Zahlen beruht noch auf der nicht ausreichend genauen Kenntnis der Schwerkraft am Ort der Beobachtung, doch soll diese noch genauer gemessen werden. Auch das absolute Ohm soll neu bestimmt werden. Die aus diesen beiden Faktoren resultierende Unsicherheit schätzen die Verf. auf 4×10^{-4}. *W. J.*

Messungen mit dem Eisenprüfer.

Von V. Drysdale. *Phil. Mag.* **16.** *S. 132. 1908.*

Im Jahr 1901 hatte der Verf. eine neue Methode angegeben (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 130. 1902*). um die Permeabilität eines größeren fertigen Gußstückes zu bestimmen. Sie beruht darauf, daß man in das Gußstück ein etwa 15 *mm* tiefes Loch von etwa 10 *mm* Durchmesser mit einem Hohlbohrer bohrt, der in der Mitte einen zylindrischen Kern von etwa 2,5 *mm* Durchmesser stehen läßt. Über diesen Kern wird eine Induktions- und eine Magnetisierungsspule geschoben und die etwas konische Öffnung bis zur Spule mit einem Eisenpfropfen verschlossen, der mit Bohrungen für die Zuleitungen zu den beiden Spulen versehen ist. Das Ganze stellt also eine Art Jochvorrichtung im kleinen dar, und man kann wie dort durch Messung der Induktionsstöße, welche in der Sekundärspule bei sprungweiser Änderung des Magnetisierungsstroms entstehen, mittels des ballistischen Galvanometers eine vollständige Magnetisierungskurve aufnehmen, ohne das Gußstück beträchtlich zu schädigen.

Hinreichend genaue Versuche über die Zuverlässigkeit des vom Verf. „*plug permeameter*" genannten Apparats lagen damals noch nicht vor; sie sind inzwischen von dem Verf. erbracht worden. Zu diesem Zweck wurden zunächst die absoluten Magnetisierungskurven mehrerer Ringe aus Gußeisen, weichem Stahl, Schmiedeeisen und Flußeisen dadurch einwandfrei ermittelt, daß man den Ring mit einer Primär- und einer Sekundärwickelung versah und nach dem bekannten ballistischen Verfahren untersuchte. Sodann wurde der Ring durch Schnitte in vier Quadranten zerlegt, jedes Ende angebohrt und nach dem Verfahren des Verf. untersucht. Die gefundenen acht Induktionskurven, welche übrigens ziemlich beträchtlich voneinander abwichen, erlaubten ein Urteil über die Gleichmäßigkeit des Materials;

die Bestimmung mit dem Silbervoltameter, sondern eine absolute Messung zugrunde liegt. Eine nähere Diskussion hierüber wird bei dem erwähnten Referat über die Arbeit des *National Physical Laboratory* über das Silbervoltameter erfolgen; es ergibt sich, daß der Wert in guter Übereinstimmung mit dem von der Reichsanstalt für Elemente mit normalem Merkurosulfat bestimmten Wert sich befindet.

[1]) Diese Zahl (auf 20° für das Kadmiumelement umgerechnet) ist in guter Übereinstimmung mit der von der Reichsanstalt ermittelten (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 77. 1901*).

ihr Mittelwert sollte, falls die Methode einwandfrei war, mit der am bewickelten Ring bestimmten Normalkurve übereinstimmen. Dies war nun allerdings keineswegs der Fall, vielmehr verliefen die Mittelkurven durchweg viel flacher als die Normalkurven, d. h. die zu einer bestimmten Induktion $\mathfrak{B}$ gehörige Feldstärke $\mathfrak{H}'$ war viel größer als die entsprechende Feldstärke $\mathfrak{H}$ der Normalkurve. Dies liegt in erster Linie daran, daß der Verf. irrtümlicherweise die Feldstärke $\mathfrak{H}'$ nach der gewöhnlichen Formel $\mathfrak{H}' = \frac{4\pi n i}{l}$ berechnet, worin n die gesamte Windungszahl der Magnetisierungsspule, l deren Länge, und i den Strom in Amp. bezeichnet. Diese Formel gilt aber nur für Spulen, welche sehr lang sind im Verhältnis zum Durchmesser, nicht aber für solche, deren Länge nur nahezu gleich dem Durchmesser ist, wie im vorliegenden Fall. Hätte der Verf. statt des so berechneten unrichtigen Wertes von $\mathfrak{H}'$ einen um ein Dritteil kleineren verwendet, so würde, wie aus den mitgeteilten Kurven hervorgeht, die Übereinstimmung mit $\mathfrak{H}$ bereits für viele Zwecke ausreichend gewesen sein, bezw. es würde nur noch eine relativ kleine Scherung, wie bei jeder Jochmessung, anzubringen gewesen sein.

Der Verf. kommt trotzdem zum Ziel, indem er für jedes der untersuchten Materialien die Scherungskurve durch Vergleichung der Werte $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}'$ für ein und dasselbe $\mathfrak{B}$ bestimmt und diese Kurven zu einer Mittelkurve vereinigt, mit der er die nach seiner Methode gefundenen ursprünglichen Induktionskurven verbessert. Die so verbesserten Kurven stimmen dann mit den entsprechenden Normalkurven ziemlich gut überein.

Die beschriebene Methode leidet nach Ansicht des Ref. gegenüber anderen Jochmethoden hauptsächlich an dem Übelstand, daß bei der sehr geringen Länge der Magnetisierungsspule das Feld innerhalb derselben außerordentlich ungleichmäßig sein muß. Man kann also hier gar nicht von einer bestimmten Feldstärke $\mathfrak{H}'$ reden, sondern muß $\mathfrak{H}'$ als Mittelwert sehr verschiedener Einzelwerte auffassen, zu deren jedem ein bestimmter Wert von $\mathfrak{B}$ gehört. Da nun aber die Beziehung zwischen $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{B}$ nicht etwa linear ist, sondern einer sehr komplizierten Funktion entspricht, so würden sich absolute Werte der Induktion nach dieser Methode, wie auch die vorliegenden Messungen zeigen, auch nicht annähernd bestimmen lassen. Dagegen wird die Methode bei Verwendung empirisch gewonnener Scherungskurven für manche technische Zwecke recht gute Dienste leisten können, insbesondere bei der Untersuchung fertiger Gußstücke, wo fast jede andere Methode versagt.

Gich.

Bücherbesprechungen.

Joh. A. Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830. 33,5 × 25,5 *cm*. VIII, 132 S. m. 171 Abbildgn. Leipzig, W. Engelmann 1908. 16 M.; geb. in Leinen 18,50 M.

Ein höchst interessantes, lehrreiches Werk ist es, das der Verf., der wie kein anderer dazu berufen war, es zu schreiben, den Mechanikern und Astronomen darbietet.

Von Purbach bis Reichenbach, von 1450 bis 1830, soll das Werk die Entwickelung der astronomischen Meßwerkzeuge behandeln; zur Schilderung des Standes der astronomischen Beobachtungskunst zu Purbachs Zeiten sieht sich Verf. jedoch veranlaßt, auf die astronomischen Meßwerkzeuge der alexandrinischen Schule und der Araber zurückzugehen, da das astronomische Wissen und die astronomischen Beobachtungsmethoden zur Zeit Purbachs sich noch durchaus auf dem Standpunkt befanden wie zu den Zeiten der Alexandriner, über welchen Standpunkt die Araber im wesentlichen nicht hinausgegangen waren. Ja, es wurde Purbach schwer genug, sich das astronomische Wissen der über ein Jahrtausend zurückliegenden Zeit anzueignen, da er den Almagest des Ptolemäus nicht im griechischen Urtext, sondern nur in einer fehlerhaften Übertragung aus dem Arabischen ins Lateinische studieren konnte.

Auf die lange Periode astronomisch-wissenschaftlichen Stillstandes folgt von Purbach ab ein frisches, reges Leben.

Purbachs bedeutender Schüler Regiomontanus ließ sich in eigener Werkstatt Instrumente bauen, darunter das allerdings nicht von ihm selbst erfundene „*Torquetum*", welches unmittelbar die Länge und Breite der Sterne abzulesen gestattete. Der mit ihm befreundete Nürnberger Patrizier Bernhard Walther beobachtete mit einer Gewichtsuhr, die aus den ganzen und unvollständigen Umdrehungen eines Rades die Zeit erkennen ließ, und, wie es heißt, so gut regulirt war, daß sie von Mittag zu Mittag nicht abwich. Peter Henlein erfindet bald nach 1500 die bequem tragbaren Federnhren, deren Benutzung zur Bestimmung von Längenunterschieden Gemma Frisius 1530 empfiehlt. Eine im großen ausgeführte Uhr dieser Art dürfte es nach dem Verf. gewesen sein, die Landgraf Wilhelm IV. von Hessen bei seinen Beobachtungen benutzte, denn wenn, wenigstens damals schon, sein Gehülfe Bürgi das Pendel als Regulator in die Uhr eingeführt gehabt hätte, so würde wohl leicht ein besserer Gang zu erzielen gewesen sein, als der für hervorragend gut erachtete von einer Minute im Laufe des Tages.

Besonders eingehende Besprechung erfahren natürlich die Instrumente Tychos. Nicht weniger als 22 Tafeln sind ihrer Darstellung gewidmet. Bei aller Anerkennung aber, die der Verf. Tychos Leistungen zollt, ist gewiß auch die Bemerkung richtig, daß mit den Mitteln zu verschwenderisch umgegangen wurde, daß manche Apparate nur gebaut worden sein mögen zur Beschäftigung der allzu groß angelegten Werkstätte. Der Fortschritt, den die Herstellung astronomischer Instrumente durch Wilhelm IV. von Hessen und Tycho erfuhr, bestand nach dem Verf. namentlich in der Bevorzugung des Metalles gegenüber dem bisher meist benutzten Holze.

Zur Verfeinerung der Ablesung wandte Tycho die Transversalteilung an, die er als Student in Leipzig kennen gelernt hatte, bisweilen auch neben ihr die von Nuñez vorgeschlagene, recht unpraktische Teilung des Quadranten außer in 90 noch in 89, 88, 87 u. s. w. Teile; 1631 erfand Vernier die nach ihm benannte Hülfsteilung, Römer benutzte 1689 ein mit 11 festen, um Bogenminuten voneinander abstehenden Fäden versehenes Ablesemikroskop, bei Hevel treffen wir auf die ersten Anfänge des Mikrometers, dem Ramsden die heute übliche Einrichtung gab, daß der bewegliche Faden den Indexstrich vertritt, wenn die Trommel für eine bestimmte, an dem Kamm im Gesichtsfeld kenntliche Schraubenrevolution Null zeigt. Reichenbach bevorzugte sonderbarerweise den Vernier vor dem Ablesemikroskop. Außer der Neunziger-Teilung gab Graham seinen Quadranten noch die leichter und daher exakter herzustellende Sechsundneunziger-Teilung. Die Überlegenheit der ganzen Kreise über die Sektoren bei den Messungen erkannte zuerst Römer, nach ihm aber erst wieder Ramsden, der selbst für verschiedene Sternwarten noch Quadranten angefertigt hatte. Tobias Mayer suchte durch das Repetitionsverfahren die Winkelmessung zu verschärfen.

Zur Erhöhung der Genauigkeit oder zur Erleichterung der Einstellung sehen wir bei Wilhelm IV. von Hessen Fußschrauben, bei Tycho die Steilschraube in Anwendung kommen. Viel Sorgfalt wurde von letzterem und von Hevel auf die Visiere verwandt. Auffälligerweise dauerte es noch geraume Zeit nach Erfindung des astronomischen Fernrohres, bis dessen optische Achse als Zielrichtung nutzbar gemacht wurde.

Daß ein Instrument ein um so unzuverlässigeres Meßwerkzeug ist, je mehr seine einzelnen Teile sich gegen einander bewegen können, wurde zuerst von Römer gebührend beachtet; durch die Aufstellung im Meridian wird das mit einem Kreis versehene Fernrohr zum wichtigsten astronomischen Meßinstrument. In Thévenot lernen wir den Erfinder der geschlossenen Röhrenlibelle kennen, an deren Stelle sich Hevel einer langen, an beiden Enden kugelförmig erweiterten und zur Hälfte mit Quecksilber gefüllten Glasröhre bedient hatte. Bohnenberger führt den Quecksilberhorizont zur Bestimmung gewisser Instrumentalkonstanten ein; zu gleichem Zweck wird die Umdrehungsachse des Meridianrohres zu einem Fernrohr umgewandelt, oder es werden sonstige Hülfsfernrohre (Kollimatoren u. s. w.)

benutzt. Von Römers Meridiankreis bis zu einem modernen Repsoldschen Instrument dieser Art war es ein weiter Weg mechanisch-künstlerischer und geistiger Arbeit.

In der Geschichte des Äquatoreals ist die Verbindung desselben mit dem Uhrwerk, die zuerst Hooke, wenn nicht praktisch ausführte, so doch jedenfalls vorschlug, ein wichtiger Fortschritt gewesen. Ganz besonderes Interesse bieten die bis auf Römer zurückgehenden Versuche zur Herstellung eines Heliometers. Natürlich gedenkt Verf. auch der Kreisteilmaschine, der wichtigen Erfindung Ramsdens, und ebenso finden die nautischen und geodätischen Instrumente, der Spiegelsextant, der Theodolit, das Heliotrop und der Basis-Meßapparat eine Beschreibung ihrer geschichtlichen Entwickelung.

Das Gesagte möge genügen, um auf den interessanten, reichen Inhalt des Werkes hinzuweisen. Des Verf. Ausführungen können — ganz abgesehen von seiner Autorität auf diesem Gebiet — für um so zuverlässiger gelten, als sie sich durchweg auf Quellenstudien stützen, und zu Nutzen desjenigen, der in einem Spezialgebiet weitergehende Forschungen machen will, hat Verf. auch diese Quellen angeführt. Die Beschreibung der Instrumente ist stets sehr klar und, zumal infolge der beigegebenen 171 Figuren, deren fast jede eine Tafel für sich einnimmt, leicht verständlich. Die Ausstattung — Druck, Papier, Tafeln — ist eine ungewöhnlich gute. Am Schluß des Werkes findet sich ein Register, am Schluß des Vorwortes aber die Bemerkung, daß der Verf. sich *einstweilen* das Jahr 1830 als Ziel gesetzt habe. Hoffen wir also, daß Repsold eine Fortsetzung seiner so wertvollen historischen Studien bald folgen lassen möge. *Kn.*

Neue Preislisten und Druckschriften von M. Hildebrand in Freiberg.

Von der Werkstatt für geodätische und Markscheide-Instrumente M. Hildebrand (früher A. Lingke & Co.) in Freiberg in Sachsen liegen einige neue Preislisten (1908) und Sonderdrücke mit kurzen Beschreibungen neuer Instrumente oder neuer Einrichtungen an Instrumenten vor, aus denen hier wenigstens auf das Folgende aufmerksam gemacht sei.

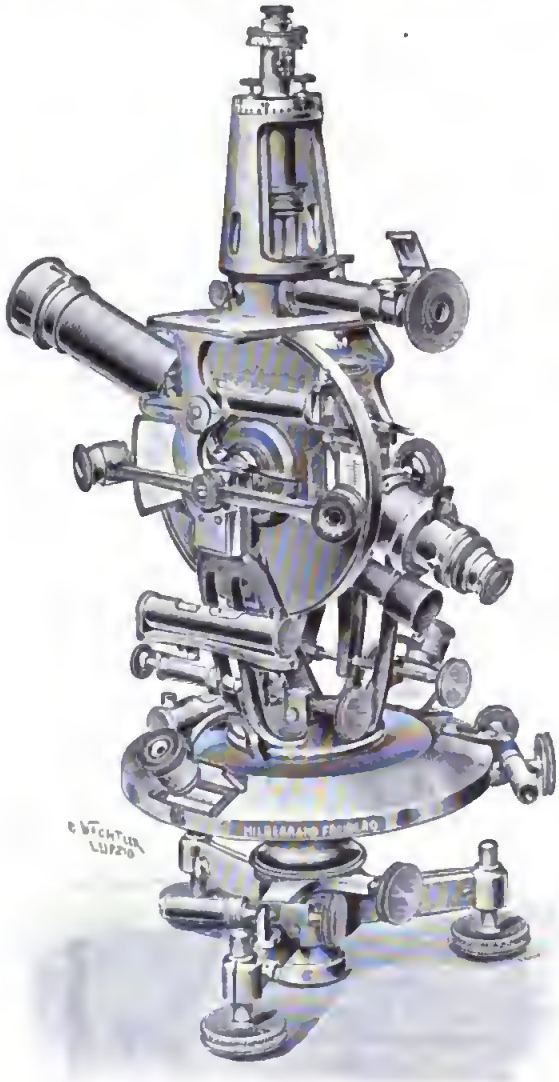
Die zwei neuen Kataloge sind die über Markscheideinstrumente mit Nebenapparaten und über Nivellierinstrumente mit Zubehör. Neben Breitbaupt in Cassel ist bekanntlich der Begründer (1791) der jetzt Hildebrandschen Werkstatt in Freiberg, Bergmechaniker Stuber, zugleich der Begründer des Baus rationeller Grubeninstrumente in Deutschland gewesen, und unter seinen Nachfolgern F. und A. Lingke und M. Hildebrand ist die Herstellung von Markscheiderzeugen, Grubentheodoliten u. s. f. eine Spezialität der Werkstätte geblieben. Z. B. hat vor jetzt 30 Jahren M. Hildebrand an Stelle der zusammenlegbaren Hängezeuge von Stuber, die die Justierung schlecht dauernd erhalten, die „festen" Hängezeuge konstruiert, die frei von diesem Fehler und unter sonst gleichen Umständen leichter als die zusammenlegbaren sind, und schon einige Jahre vorher hat Hildebrand die „Freiberger Anstellung" für den Grubentheodolit und die Zielsignale konstruiert und ihr diesen Namen gegeben.

Von *neuen* Grubenmessungsinstrumenten seien hier angeführt Verbesserungen an dem Ableiteinstrument (nach Nagel) und dem größern „Fernrohrlotungsinstrument", sowie besonders an den Deklinatorien, sowohl an der Spiegelbussole nach Neumayer-Schmidt als an dem *Orientierungsmagnetometer* (Glockenmagnet mit Spiegel an einem Quarzfaden hängend und mit Kupferdämpfer), das auf die Kippachse eines Repetitionstheodolits zu setzen und leicht davon abzunehmen ist (vgl. die Figur); es zeigt im Bau Ähnlichkeit mit dem Fenneischen Orientierungsinstrument und ist von diesem Instrument ausgegangen.

Von den Nivellierinstrumenten ist zu erwähnen, daß die Führung ihres Umdrehungszapfens gegen das Eindringen von Staub vollständig gesichert ist; die Zapfen sind bei den größern Instrumenten aus glashartem Stahl, und aus demselben Material bestehen die aus dem vollen Stahl herausgearbeiteten Führungsbüchsen. Der sehr leichte Gang der Alhidade bleibt bei allen Temperaturen erhalten, macht allerdings dann auch bei feineren Ablesungen Klemme und Feinschraube für die Horizontaldrehung notwendig. Das Verzeichnis der

Digitized by Google

Nivelliere ist vom Universalnivellierinstrument und andern Präzisions-Nivellierinstrumenten bis zum einfachen „Taschennivellier“ so reichhaltig, daß für jeden Messungszweck gesorgt ist. Die Libellen aller seiner Instrumente, von der groben 1′-Libelle bis zu den feinsten,



schleift Hildebrand selbst. Seine Libellenschleifanstalt ist in der Lage, Präzisions-Libellen, die den höchsten Ansprüchen genügen, herzustellen; sie arbeitet nur für den eigenen Bedarf an Universalen, Nivellieren u. s. f. Die Libellen werden auf einem im Keller (Raum von konstanter Temperatur) unmittelbar auf dem gewachsenen Fels montierten feinen Niveauprüfer untersucht. Beispielsweise weichen in den dem Ref. vorliegenden Untersuchungszahlen (Auszüge aus dem Libellen-Beobachtungsbuch) für eine 3″-Kammerlibelle (Teile 1 P. L. = rund 2¼ *mm*, Blasenlänge 22 *mm*, Temperatur 15° C.) und für eine 2,3″-Kammerlibelle (Teilung ebenso, Blasenlänge 20,3 *mm*, ebenfalls bei 15° C.) die Teilwerte der Libelle an verschiedenen Stellen der Teilung in den *extremen* Werten (unter 29 Beobachtungen bei der ersten, 27 bei der zweiten Libelle) nirgends um mehr als 0,2″ voneinander ab.

Auf Neuerungen an Theodoliten und Universalen, auf Stativ-Bussolenintrumente u. s. f. will ich zurückkommen, wenn auch für sie neue Preislisten vorliegen. Aufmerksam gemacht sei hier vorläufig nur auf ein neues (Modell 1907/08) 12/12 *cm-Universal* mit Skalenmikroskopen und neuer spannungsfreier Lagerung der Reitlibelle auf der Kippachse, ferner auf die in besonderem Druckblatt beschriebene neue schöne Vorrichtung zur Regelung des Gangs (der Ölung) der Stehachsen von Theodoliten u. s. w.

Hammer.

Neu erschienene Bücher.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XXVII. Bd. R. Sturm, Die Lehre von den geometrischen Verwandtschaften. 1. Bd. Die Verwandtschaften zwischen Gebilden erster Stufe. XII, 415 S. 1908. Geh. in Leinw. 16 M.

H. Egerer, Repetitorium der höheren Mathematik. Lehrsätze, Formeln, Tabellen. gr. 8°. VIII, 351 S. München, R. Oldenbourg 1908. 6 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Prof. Dr. R. Straubel.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Oktober 1908.** Zehntes Heft.

Zur Hartmannschen Methode der Zonenprüfung.

Von

Dr. Heinrich Erfle.

(Mitteilung aus der optisch-astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne in München.)

Unter Benutzung der Hartmannschen Methode extrafokaler Blendenaufnahmen sind schon öfters Objektive bezüglich der sphärischen Aberration, der chromatischen Aberration, der chromatischen Differenz der sphärischen Aberration, des Astigmatismus auf der Achse u. s. w. untersucht worden[1]). Alle diese Untersuchungen haben gezeigt, daß diese Hartmannsche Methode die Zonenfehler, die Farbenkurve u. s. w. mit sehr großer Genauigkeit zu bestimmen gestattet.

Man verwendet hierbei entweder monochromatisches Licht, das durch Vorschalten geeigneter Filter vor eine intensives mehrfarbiges Licht liefernde Lichtquelle (z. B. Quecksilberbogenlampe oder Lichtbogen zwischen mit Metallsalzen imprägnierten Kohlestäben, Bogenlampe mit Eisenelektroden) erhalten wird[2]). Oder man benutzt eine Blende mit wenigen auf einem Durchmesser gelegenen Öffnungen und läßt die extrafokal und intrafokal aufgefangenen Lichtflecke auf den Spalt eines von Astigmatismus freien Spektrographen (mit genügendem Öffnungsverhältnis) fallen, der sie in einer zu jenem Durchmesser und dem Spalte senkrechten Richtung in bogenförmige Spektra auseinanderzieht. Oder es wird nach Hartmann das mehrfarbige Licht der Quecksilberbogenlampe, des Kadminmfunkens u. s. w. vor dem Objektiv, d. h. zwischen dem als „künstlicher Stern“ dienenden beleuchteten Diaphragma und dem Objektiv, mittels eines Objektivprismas (mit sehr guten Planflächen) zerlegt, sodaß, ähnlich wie bei der vorher angegebenen Verwendung eines hinter die extrafokale oder intrafokale Meßebene geschalteten Spektrographen, bogenförmige Spektra entstehen, deren Anzahl der Zahl der auf dem Durchmesser der Objektivblende befindlichen Öffnungen entspricht. Oder man macht nach Eberhard das zu prüfende Objektiv[3]) zum Kameraobjektiv eines Spektrographen und wählt ein Kollimatorobjektiv mit einer im Verhältnis zum Kameraobjektiv möglichst großen Brennweite[4]), sodaß also der Einfluß der Farbenkurve des Kollimatorobjektivs auf die Einstellung der Kamera praktisch null wird.

[1]) J. Hartmann, *diese Zeitschr.* **20.** *S. 51—57. 1900*; H. Lehmann, *diese Zeitschr.* **22.** *S. 103—109, 325—330. 1902*; **23.** *S. 289—301. 1903*; G. Eberhard, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 82—88, 274—277. 1903*; J. Hartmann, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 1—19, 33—45, 97—117. 1904*: in dieser Arbeit die ausführliche Darstellung der Methode und weitere Literaturangaben.

[2]) Vgl. hierzu noch Hartmann, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 7, 13, 14. 1904.*

[3]) Die Objektivblende hat hierbei zwei dem Spalt und der brechenden Kante des Spektrographenprismas parallele Schlitze, sodaß bei den extra- und intrafokalen Aufnahmen alle Spektrallinien verdoppelt werden.

[4]) Über ein Beispiel der Umkehrung dieser Methode siehe Hartmann, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 114—115. 1904.*

Digitized by Google

Bei der von Eberhard angegebenen Methode sowohl als auch bei Verwendung des Objektivprismas[1]), überhaupt in allen Fällen, bei denen zwischen dem von der Lichtquelle beleuchteten Diaphragma und dem zu untersuchenden Objektiv noch ein anderer optischer Körper eingeschaltet wird, ist zu beachten, daß die Zonenfehler dieses Körpers gleichzeitig mit zur Wirkung gelangen und daher zuvor bestimmt werden müssen[2]).

Wendet man dagegen die angegebene Methode der farbigen Filter zur Erzeugung angenähert monochromatischen Lichtes an (Filter zwischen der Lichtquelle und dem zu beleuchtenden Diaphragma — „künstlicher Stern" —), dann befindet sich auf dem Wege: Diaphragma → Objektiv → photographische Platte kein weiteres optisches Mittel (außer Luft). Das gleiche gilt für das von mir zur Untersuchung der durch „Retusche" erhaltenen Verringerung der sphärischen Aberration von Quarzlinsen (40 *mm* Öffnung, 400 *mm* Brennweite) benutzte Verfahren, das ich auch zur Untersuchung der Zonenfehler kleinerer Objektive (z. B. zweilinsiges Objektiv von 41 *mm* Öffnung, 615 *mm* Brennweite) verwendet habe. Es soll im folgenden dieses sehr einfache Verfahren mitgeteilt werden.

Das angewandte Verfahren ist dadurch charakterisiert, daß die Herstellung angenähert monochromatischen Lichtes nicht mittels Farbfilter, sondern mittels prismatischer Zerlegung erfolgt, und zwar wird das Licht zerlegt auf dem Wege von der Lichtquelle zu dem zu beleuchtenden Diaphragma (0,52 *mm* Durchmesser), sodaß die Zonenfehler von Objektiven, die sphärische Aberration von Quarzlinsen u. s. w. direkt für monochromatisches Licht bestimmt werden konnten. Das vom beleuchteten Diaphragma ausgegangene Licht durchsetzt auf seinem Wege zur photographischen Platte nur das zu untersuchende optische System; die etwaigen Fehler des Lichtzerlegungsapparates brauchen also gar nicht berücksichtigt zu werden. Im speziellen Fall diente als Lichtquelle eine Nernst-Lampe, von deren glühendem Magnesiastift mittels eines Kondensors ein Bild[3]) auf dem Spalt eines Spektralapparates entworfen wurde; Kollimator und Fernrohr hatten 25 *cm* Brennweite und 46 *mm* Öffnung. Als dispergierendes Mittel diente ein 60°-Flintglasprisma: Jenenser Flint 1606, $n_D = 1{,}74690$; $\nu = 27{,}8$; $n_{G'} - n_{F'} = 0{,}01696$; $n_{G'} = 1{,}78316$. Das Okular des Fernrohres wurde entfernt und an seiner Stelle das schon öfters erwähnte Diaphragma (in der Brennebene) eingeschraubt. Die Quarzlinse bezw. das zu untersuchende Objektiv befand sich in etwa 7 bis 8 *m* Entfernung[4]) von diesem „künstlichen Stern"; die Öffnungen der Hartmannschen Blende waren in fünf verschiedenen Zonen angebracht, und zwar in vier Reihen[5]); der Abstand der extrafokalen von der intrafokalen Meßebene betrug meist 140 *mm*. Für Violett wurde das Flintprisma auf das Minimum der Ablenkung eingestellt, dann durch *Drehen des Prismas* (oder im allgemeinen Falle: des dispergierenden Systems) das Diaphragma gelbgrün beleuchtet und unter Verwendung dieser Farbe die in einem mit Auszug und Kassette versehenen Rohr montierte Quarzlinse richtig aufgestellt.

[1]) Diese Methode entspricht der Eberhardschen Anordnung insofern, als bei der Methode des Objektivprismas der Kollimator weggelassen wird und hierfür der „künstliche Stern" in entsprechend großer Entfernung vom Objektiv verwendet wird.

[2]) Vgl. die Angaben von Eberhard, *a. a. O. S. 85, 86*; Hartmann, *a. a. O. S. 107. 1904*; Lehmann, *a. a. O. S. 329, 330. 1902*; letzterer verwendet die Hartmannsche Methode zur Prüfung von Planparallelgläsern, planparallelen Farbfiltern und von Planspiegeln.

[3]) Nur wenig verkleinert.

[4]) Für größere Entfernungen habe ich die Methode vorläufig noch nicht angewandt.

[5]) Zwei zueinander senkrechte Reihen für den Öffnungsradius 4, 12 und 18,5 *mm* und zwei zueinander senkrechte Reihen für den Öffnungsradius 7,5 und 15,5 *mm*.

Digitized by Google

Hierauf wurde durch Drehen des Prismas wieder der violette Teil des Spektrums (oder im allgemeinen Fall die Farbe, für welche die Schnittweite der verschiedenen Zonen bestimmt werden soll) auf das Diaphragma gebracht, und dann wurden ohne Änderung der Prismenstellung extrafokale und intrafokale Aufnahmen gemacht. Es ist natürlich zur Erzielung kurzer Expositionszeiten nötig, daß das Spaltrohrobjektiv gut beleuchtet ist; außerdem wurde das nicht auf den Spalt fallende weiße Licht der Nernst-Lampe zur Erleichterung der Einstellung auf den künstlichen Stern und zum Fernhalten von Nebenlicht bei den photographischen Aufnahmen genügend abgeblendet. Bei dieser Anordnung waren für die angegebenen Verhältnisse Expositionszeiten von 5 bis 10 Minuten vollkommen ausreichend[1]), und zwar bei Aufnahmen im Violett auf Bromsilbergelatine-Trockenplatten von Klatte (Bremen)[2]); ich habe überdies das Verfahren noch nicht bis zur kürzest möglichen Expositionszeit ausgenutzt.

Ist die Drehung des Prismas mittels bekannter Spektrallinien auf Wellenlängen geeicht (durch Einstellen am Diaphragma mittels Lupe oder nach Entfernen des Diaphragmas mittels des Fernrohrokulars), dann kann mittels dieser Anordnung für jede beliebige Farbe die Schnittweite bestimmt werden, d. h. also einige Punkte der Farbenkurve; hierbei kann auch untersucht werden, inwieweit z. B. die sphärische Aberration und der Astigmatismus auf der Achse von der Wellenlänge abhängig sind, d. h. die chromatische Differenz der sphärischen Aberration könnte hiermit bestimmt werden.

Das angegebene Verfahren hat vor der Methode der Farbfilter den Vorteil, daß man, einfach durch Drehen des Prismas, das Diaphragma mit Licht beliebiger Farbe beleuchten kann[3]), während dies bei Verwendung von Farbfiltern einigermaßen umständlich ist. Für den allgemeinen Fall wird das Prisma auf das Minimum der Ablenkung eingestellt für die brechbarste der nachher zu photographierenden Farben[4]). Für Aufnahmen nach der Hartmannschen Methode im Ultraviolett dürfte sich wohl die folgende Kombination des von Eberhard angewandten Verfahrens mit dem von mir verwendeten Verfahren empfehlen: Eine möglichst intensives ultraviolettes Licht liefernde Lichtquelle, z. B. Quecksilberbogenlampe, dient zur Beleuchtung des Spaltes eines festarmigen Spektralapparates[5]) (Quarz oder Quarz-Flußspat); in dessen Brennebene wird das (kreisförmige) Diaphragma angebracht, das sich gleichzeitig in der Brennebene eines Linsensystems befindet, dessen Brennweite möglichst groß ist im Verhältnis zu derjenigen der zu untersuchenden Quarzlinse, welche mit Hartmannscher Blende versehen ist. Dann wäre man also auch von Zonenfehlern anderer

[1]) Hartmann gibt *a. a. O. S. 14. 1904* bei den Aufnahmen im monochromatischen Licht unter Benutzung der Filter und ebenso auch bei spektraler Zerlegung mit dem Spaltspektrographen die Belichtungszeit zu 0,5 bis 10 Minuten an.

[2]) auch bei Aufnahmen im Grün auf Perutzsche Perorto-Platten (rot Siegel oder grün Siegel).

[3]) Selbstverständlich ist kein besonderer Spektralapparat bei dem angegebenen Verfahren notwendig, sondern nur zwei einfache Linsen und ein drehbar aufgestelltes Prisma sowie ein ganz einfacher Spalt, außerdem ein geeignetes Diaphragma — alles genügend fest aufgestellt.

[4]) Das Verfahren läßt sich wohl auch mit einem entsprechenden festarmigen Spektralapparat im Ultraviolett anwenden; doch dürfte dann die Absorption der langen zu durchlaufenden Luftschicht die Expositionszeit erheblich vergrößern; allerdings stört sehr häufig die lange Expositionszeit gar nicht.

[5]) Im einfachsten Fall: 2 Quarzlinsen, drehbar aufgestelltes Quarzprisma. — Will man mit nur zwei Aufnahmen (eine extrafokale und eine intrafokale) für eine bestimmte Zone in einem bestimmten Azimut die Farbenkurve erhalten, dann ist das Hartmannsche Verfahren (Spektrograph hinter den Meßebenen) dem von mir angegebenen vorzuziehen.

optischer Mittel beinahe unabhängig und würde direkt die sphärische Aberration der Quarzlinse erhalten.

Will man ermitteln, wie groß das zur Beleuchtung des Diaphragmas dienende Farbenintervall ist, dann muß die Breite des Spektrometerspaltes, die Brennweite von Spaltrohr und Fernrohr und natürlich der Durchmesser des Diaphragmas bekannt sein. Der Spalt wird in dem oben angegebenen speziellen Falle in natürlicher Größe in der Brennebene abgebildet; die den Rändern des Diaphragmas entsprechende Winkeldifferenz ist $\frac{0{,}52}{250} = 0{,}00208$ (etwa 7'). Steht G' im Minimum der Ablenkung, dann folgt die zu einer Differenz der Ablenkungswinkel ΔD gehörige Differenz im Brechungsexponenten aus

$$\Delta n = \frac{\Delta D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \cos\left(\frac{D+\alpha}{2}\right),$$

wobei D die zu G' gehörige Ablenkung und $\alpha = 60°$ der brechende Winkel des Prismas ist. Aus $n_{G'} = 1{,}78316$ folgt

$$\sin\left(\frac{D+\alpha}{2}\right) = n \sin\frac{\alpha}{2} = 0{,}89158; \qquad \frac{D+\alpha}{2} = 63° 4'.$$

Da $\Delta D = 0{,}00208$, so ist $\Delta n = 0{,}00208 \cdot \cos 63° 4' = 94 \cdot 10^{-5}$.

Aus der Hartmannschen Dispersionsformel

$$n = n_0 + \frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^a}$$

folgt

$$\Delta\lambda = -\Delta n \cdot \frac{(\lambda - \lambda_0)}{a\,(n - n_0)}.$$

In der von H. Harting[1]) gegebenen Tabelle ist für schweres Flintglas O 165

$$n_D = 1{,}7541; \quad \nu = 27{,}5; \quad a = 1{,}3; \quad \lambda_0 = 181{,}5; \quad n_0 = 1{,}71123,$$

also $n_D - n_0 = 0{,}0429$; für das von mir benutzte Flintglas ist also näherungsweise $n_0 = 1{,}7469 - 0{,}0429 = 1{,}7040$ und

$$|\Delta\lambda| = \frac{94 \cdot 10^{-5} \cdot (434 - 181{,}5)}{1{,}3 \cdot (1{,}78316 - 1{,}7040)} = 2{,}3\ \mu\mu.$$

Bezeichnen wir die Brennweite der Quarzlinse (für die Wellenlänge λ) mit F, die Änderung von F bei Änderung von λ um $\Delta\lambda$ mit ΔF, so gilt bekanntlich

$$\frac{\Delta F}{F} = -\frac{\Delta N}{N-1},$$

wo N der Brechungsexponent des Quarzes für die Wellenlänge λ ist.

Es ist[2])

$$N_{G'} = 1{,}5539; \quad N_G = 1{,}5543; \quad [\lambda_{G'} = 434{,}1; \quad \lambda_G = 430{,}8],$$

d. h. in der Nähe von G' entspricht einer Änderung der Wellenlänge um 3,3 $\mu\mu$ eine Änderung des N um $4 \cdot 10^{-4}$, d. h. zu $\Delta\lambda = 2{,}3\ \mu\mu$ gehört $\Delta N = 3 \cdot 10^{-4}$ und $\frac{\Delta F}{F} = -5{,}4 \cdot 10^{-4}$.

Hat also die Quarzlinse für die mittlere auf das Diaphragma fallende Farbe die Brennweite F, so hat sie, bei unendlich engem Spalt, für die auf die Ränder des

[1]) H. Harting, *Archiv f. Optik* **1.** *S. 97—102. 1907; diese Zeitschr.* **28.** *S. 273. 1908.*

[2]) Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 10. Aufl. Leipzig, B. G. Teubner 1905. *S. 632.*

Diaphragmas fallenden Farben die Brennweite $F \pm 2{,}7 \cdot 10^{-4} \cdot F$ bezw. bei der von mir benutzten Spaltbreite 0,23 *mm* die Brennweite $F \pm 3{,}9 \cdot 10^{-4} \cdot F$; der Versuch ergibt also die mittlere Brennweite in diesem Farbenintervall, an dessen Grenzen sich F von dem in der Mitte des Intervalls geltenden F um $\pm 4 \cdot 10^{-4} \cdot F$ unterscheidet.

Die Helligkeit kann vergrößert werden, allerdings auf Kosten der Reinheit des Spektrums, durch Vergrößern der Spaltbreite; es wird dies oft gestattet sein, wenn die Brennweite des zu untersuchenden Objektivs nicht so sehr von der Wellenlänge abhängt wie bei der Quarzlinse. Oder man kann ein stärker dispergierendes System benutzen und so das auf das Diaphragma fallende Wellenlängenintervall verkleinern, wenn die Genauigkeit gesteigert werden soll; dabei wird dann die nötige Expositionszeit unter sonst gleichen Verhältnissen größer werden.

München, im September 1908.

Die thermometrischen Eigenschaften des alkalifreien Glases 477III.

Von

H. F. Wiebe.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Vor einigen Jahren hat das Glaswerk von Schott & Gen. in Jena ein alkalifreies Glas erschmolzen, das die Bezeichnung 477III erhalten hat und sich besonders durch sein hohes elektrisches Isoliervermögen auszeichnet. Da es auch nur geringe thermische Nachwirkung aufweist und sich trotz seiner schweren Schmelzbarkeit vor der Lampe gut verarbeiten läßt, so schien es mir von Interesse, seine sonstigen thermometrischen Eigenschaften festzustellen.

Zu diesem Zwecke ließ ich aus dem vom Jenaer Glaswerk zur Verfügung gestellten Röhrenmaterial zwei fundamental bestimmbare Thermometer (Nr. 104 und Nr. 105) durch C. Richter in Berlin anfertigen, die mit gleichmäßigen Teilungen von -2° bis $+102^\circ$ in $0{,}1^\circ$ und am Ende des Kapillarrohrs mit einer Erweiterung versehen sind. Die Länge eines Grades beträgt 4,4 *mm* und die Strichstärke etwa 0,03 *mm*. Die als Einschlußthermometer hergestellten Instrumente waren vor dem Einsetzen der Skale seitens des Fabrikanten durch längere Erhitzung auf 450° künstlich gealtert und haben während der Dauer der Untersuchung kaum wahrnehmbare Eispunktserhebungen gezeigt.

Die Untersuchung der Thermometer wurde in der üblichen Weise ausgeführt durch Kalibrierung, Bestimmung der Fundamentalpunkte und Vergleichung mit den an die internationale Wasserstoffskale angeschlossenen Normalthermometern der Reichsanstalt. Eine Bestimmung der Teilungsfehler erübrigte sich, da die Skalen mittels einer gut untersuchten Teilmaschine hergestellt sind und bei Berücksichtigung der Schraubenfehler erfahrungsgemäß bis auf wenige tausendstel Grad richtig ausfallen.

Die Resultate der Untersuchung der beiden Thermometer sind nachstehend summarisch aufgeführt.

1. Die Kalibrierung ist nach der Neumann-Thiesenschen Methode mit den Hauptfäden 20°, 40°, 60°, 80° und innerhalb der Teilintervalle mit den Fäden 5°, 10°, 15° ausgeführt. Die ermittelten Kaliberkorrektionen steigen bei Nr. 104 bis $-0{,}375^\circ$, bei Nr. 105 bis $+0{,}632^\circ$; im übrigen ist der Verlauf der Kaliberkorrektionen ziemlich gut, wie aus der Kolumne, welche die Veränderung der Kaliberkorrektionen pro Grad enthält, ersichtlich ist.

Grad	Nr. 104		Nr. 105	
	Kaliberkorrektionen	Veränderung für 1 Grad	Kaliberkorrektionen	Veränderung für 1 Grad
	Einheit 0,001°			
0	0	− 10,6	0	+ 18,8
5	− 53	− 6,4	+ 94	+ 13,4
10	− 85	− 3,2	+ 161	+ 12,6
15	− 101	− 3,8	+ 224	+ 14,4
20	− 120	− 3,8	+ 296	+ 20,0
25	− 139	− 7,6	+ 396	+ 18 6
30	− 177	− 17,8	+ 489	+ 15,0
35	− 266	− 11,0	+ 564	+ 8,0
40	− 321	− 10,0	+ 604	+ 5,6
45	− 371	− 0,8	+ 632	− 2,4
50	− 375	+ 2,6	+ 620	− 7,8
55	− 362	+ 7,8	+ 581	− 14,6
60	− 323	+ 13,4	+ 508	− 18,6
65	− 256	+ 7.8	+ 415	− 20,8
70	− 217	+ 4,2	+ 311	− 20,6
75	− 196	+ 2,6	+ 208	− 17,8
80	− 183	+ 9,8	+ 119	− 8,6
85	− 134	+ 7,2	+ 76	− 5,6
90	− 98	− 0,4	+ 48	− 4,0
95	− 100	+ 20,0	+ 28	− 5,6
100	0		0	

2. Die Fundamentalpunkts-Korrektionen sind Mittel aus vier an verschiedenen Tagen vorgenommenen Einzelbestimmungen, die bis auf 0,01° unter einander übereinstimmten.

Thermometer	Korrektionen in 0,001°		
	Siedepunkt	Eispunkt nach 100°	Fundamentalabstand
Nr. 104	− 42	+ 15	− 57
Nr. 105	+ 123	+ 13	+ 110

Als Depressionskonstante, d. i. die Depression des Eispunkts für eine Erwärmung des Thermometers auf 100°, ergab sich übereinstimmend bei beiden Thermometern 0,014°, ein Betrag, der so klein ist, wie er noch bei keiner andern Glasart beobachtet wurde. Nur das kieselsäurearme Jenaer Glas II[1]) hat eine Depressionskonstante von nahezu gleicher Kleinheit, nämlich 0,02°, gezeigt. Dieses Glas ist aber so spröde, daß es sich zur Herstellung von Thermometern nicht eignet. Auch die Thermometer aus dem Glase 477III zeigten Neigung zum freiwilligen Zerspringen. Dies trat im Laufe der Untersuchungen an den Schmelzstellen der Umschlußröhren ohne wahrnehmbare äußere Veranlassung mehrfach ein, sodaß Reparaturen der Thermometer erforderlich wurden.

3. Zur Vergleichung der Thermometer Nr. 104 und Nr. 105 mit der internationalen Wasserstoffskale sind die drei Hauptnormalthermometer F 245, F 296, F 297[2]) und zwei Gebrauchsnormale F 692 und R 300 benutzt worden. Die Vergleichung ist

[1]) H. F. Wiebe, Über den Einfluß der Zusammensetzung des Glases auf die Nachwirkungs-Erscheinungen bei Thermometern. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1885. S. 1028.*

[2]) F. Grützmacher, *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **3.** *S. 247. 1900.*

in dem von Grützmacher konstruierten Wasserbad[1]) von 5° zu 5° durchgeführt. Jeder Punkt ist mindestens zweimal, einige Hauptpunkte sind drei- oder viermal verglichen. Die Vergleichung eines Punktes bestand aus 6 bis 10 Einzelvergleichungen bei langsam steigender Temperatur, die zu einem Mittel vereinigt wurden. An die mittleren Ablesungen der Thermometer Nr. 104 und Nr. 105 wurden die Korrektionen für Kaliber, Gradwert, Elspunkt angebracht, und dann wurden die Differenzen gegen die auf das Wasserstoffthermometer bezogenen korrigierten Mittel der Ablesungen der Hauptnormalthermometer gebildet. Diese Differenzen sind für dieselben Punkte zu Mitteln vereinigt und in der nachstehenden Tabelle enthalten; sie stellen die Reduktionen der Thermometer aus Glas 477^{III} auf das Wasserstoffthermometer dar.

Grad	Reduktionen auf das Wasserstoffthermometer in 0,001°				
	Nr. 104	Nr. 105	beobachtet (Mittel)	berechnet	beob. — ber.
5	— 14	— 5	— 10	— 15,9	+ 5,9
10	— 31	— 20	— 26	— 28,1	+ 2,1
15	— 43	— 35	— 39	— 38,0	— 1,0
20	— 51	— 42	— 47	— 44,2	— 2,8
25	— 64	— 44	— 54	— 48,6	— 5,4
30	— 59	— 42	— 51	— 50,3	— 0,7
35	— 52	— 44	— 48	— 49,7	+ 1,7
40	— 55	— 47	— 51	— 47,8	— 3,2
45	— 50	— 40	— 45	— 44,7	— 0,3
50	— 41	— 36	— 38	— 40,2	+ 2,2
55	— 35	— 30	— 33	— 34,9	+ 1,9
60	— 33	— 15	— 24	— 29,4	+ 5,4
65	— 25	— 17	— 21	— 23,5	+ 2,5
70	— 24	— 12	— 18	— 17,2	— 0,8
75	— 12	— 8	— 10	— 11,7	+ 1,7
80	— 21	— 8	— 14	— 7,3	— 6,7
85	— 10	+ 7	— 1	— 3,0	+ 2,0
90	+ 2	+ 3	+ 3	— 0,9	+ 3,9
96	— 36	— 8	— 22	+ 0,6	— 22,6

Die Reihen für die beiden Thermometer zeigen stellenweise nicht unbeträchtliche Abweichungen gegen einander; die für Nr. 104 gefundenen Korrektionswerte sind durchweg größer, im Mittel um 0,012°, als diejenigen für Nr. 105, gleichwohl sind beide Reihen zu einem Mittel vereinigt. Die Ausgleichung der Werte dieser mittleren Reihe hat zu folgender Reduktionsformel für Thermometer aus Glas 477^{III} auf das Wasserstoffthermometer t geführt:

$$t - t_{447} = + 0{,}000009336\,(100 - t_{447}) \cdot t_{447} - 0{,}000000389\,(100 - t_{447})^2 \cdot t_{447}\,.$$

Die aus dieser Formel berechneten Reduktionen sind in der vorletzten Kolumne und die Abweichungen gegen die beobachteten Werte sind in der letzten Reihe der Tabelle enthalten; die Abweichungen bleiben im allgemeinen unter 0,005° und überschreiten nur bei 96°, wo die Beobachtungen ohnehin unsicher sind, die Grenze der Beobachtungsfehler.

Die Reduktionen sind etwas größer als für Glas 59^{III}[2]) und stimmen sehr nahe

[1]) *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **3.** *S. 249. 1900.*

[2]) Thiesen, Scheel und Sell, Vergleichungen von Quecksilberthermometern unter einander. *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 438. 1895;* Grützmacher, Thermometrische Korrektionen. *Wied. Ann.* **68.** *S. 769. 1899.*

überein mit denen, die für das Thermometer *E* aus Kaliglas vom Jahre 1835[1]) ermittelt worden sind. Sie übertreffen aber diejenigen, die sich für Thermometer aus dem von Alkalien freien Baryt-Borosilikat-Glase 122^{III}[2]) ergeben haben. Die Thermometer aus diesem Glase zeigten fast vollständige Übereinstimmung mit dem Wasserstoffthermometer. Es darf aber aus den hier mitgeteilten Untersuchungen geschlossen werden, daß auch bei den Thermometern aus dem Glase 477^{III} die Abwesenheit der Alkalien im Glase eine günstige Wirkung sowohl auf die Depressionskonstante wie auf die Reduktionen auf das Gasthermometer ausübt.

Auch der Ausdehnungskoeffizient des Glases 477^{III} ist sehr klein, was zweifellos ebenfalls dem Fehlen des Alkaligehalts zuzuschreiben ist. Nach einer von Hrn. Dr. F. Hoffmann ausgeführten dilatometrischen Bestimmung beträgt der mittlere kubische Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 100° für dieses Glas 0,00001482, ist also noch kleiner als für Glas 59^{III}, welches nach Scheel den Ausdehnungskoeffizienten 0,00001769 hat.

Wenn nun trotz der günstigen thermometrischen Eigenschaften des Glases 477^{III} das Jenaer Glaswerk die Einführung dieses Glases in die Thermometrie zunächst nicht ins Auge gefaßt hat, so mag hierzu die oben erwähnte Neigung des Glases zum freiwilligen Zerspringen beigetragen haben sowie der Umstand, daß in dem Jenaer Borosilikatglas 59^{III} ein Glas vorhanden ist, das allen feineren thermometrischen Zwecken genügt.

Verbesserungen der Vierordtschen Doppelspaltmethode.

Von

Dr. **Hugo Krüss** und Dr. **Paul Krüss** in Hamburg.

Zur Bestimmung der Lichtdurchlässigkeit farbiger Lösungen und damit der Konzentration solcher Lösungen ist die Vierordtsche Doppelspaltmethode als eine bequem zu handhabende instrumentelle Anordnung vielfach in Gebrauch. Es werden dabei bekanntlich die obere und die untere Spalthälfte, die jede für sich in ihrer Weite meßbar zu regulieren sind, gleich hell beleuchtet und sodann vor die eine Hälfte die auf ihre Lichtdurchlässigkeit zu prüfende Lösung gebracht. Die beiden im Beobachtungsrohre erscheinenden Spektren werden durch entsprechende Regulierung der beiden Spaltweiten auf gleiche Helligkeit eingestellt, und das Verhältnis der beiden Spaltbreiten zueinander ergibt die Lichtdurchlässigkeit der Lösung.

Eine wesentliche Bedingung für die bequeme Handhabung und die Genauigkeit der Messungen ist aber dabei, daß im Gesichtsfelde die beiden in bezug auf ihre Helligkeit mit einander zu vergleichenden Spektren in einer scharfen, feinen Linie zusammenstoßen, welche, sobald Helligkeitsgleichheit hergestellt ist, vollkommen verschwindet, eine Bedingung, wie sie von Lummer und Brodhun zuerst allgemein für photometrische Messungen klar aufgestellt worden ist[3]).

Eine derjenigen Ursachen, welche die Erfüllung dieser Bedingung verhindern würden, nämlich der Meniskus der Flüssigkeitsoberfläche im Absorptionsgefäß, wird durch die allgemein übliche Benutzung des Schulzschen Glaswürfels beseitigt, wenn auch nicht immer vollständig. Zu dem Zwecke müßten die oberen Kanten des

[1]) *Metronom. Beitr. Nr. 3 d. Normal-Eichungs-Kommission S. 35. 1880.*

[2]) Grützmacher, *diese Zeitschr.* **15.** *S. 250. 1895.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **9.** *S. 41. 1889.*

Glaskörpers absolut scharf sein und die Oberfläche desselben ganz genau in der optischen Achse des Kollimatorrohres und in genau gleicher Höhe mit der Grenze zwischen den Spalthälften stehen. Diese Forderungen sind durch sorgfältigste Ausführung des Glaskörpers und peinlich genaue Aufstellung des Absorptionsgefäßes vor dem Doppelspalt wohl zu erreichen.

Aber es müßte auch eigentlich die dem Spalt zugewandte Oberkante des Glaskörpers unmittelbar in der Ebene der Spaltschneiden stehen. Das ist unmöglich, da die Glaswand des Absorptionsgefäßes dazwischen liegt. Infolgedessen wird diese Kante nicht als scharfe Linie im Gesichtsfelde abgebildet erscheinen können, sondern ihr Bild wird sich als ein, wenn auch nur schmales Band über die Trennungslinie der beiden Spektren legen, wenn das Okular des Beobachtungsrohres auf die Spaltschneiden eingestellt ist. Diese Trennungslinie verliert ferner auch leicht ihre vollkommene Schärfe durch Staubteilchen, welche sich gerade an der Stelle, wo die vier beweglichen Schlitten des Doppelspaltes zusammenstoßen, sehr leicht ansammeln und festsetzen.

Deshalb würde es von großem Vorteil für die Genauigkeit der Messung sein, wenn man die Mitte des Doppelspaltes von der Erzeugung des Spaltbildes im Beobachtungsfernrohre ganz ausschließen und die feine Grenze zwischen den beiden Spektren im Gesichtsfelde durch ein anderes Mittel herstellen könnte.

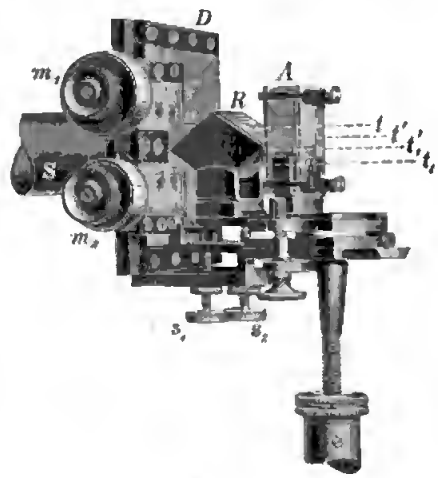


Fig. 1.

W. Ostwald hat seinerzeit auf eine Verbesserung in der geschilderten Richtung hingewiesen, die dadurch erreicht werden kann, daß man zwischen Doppelspalt und Absorptionsgefäß das von G. Hüfner angegebene rhombische Reflexionsprisma[1]) einschaltet. Die sich aus diesem Gedanken ergebende in Fig. 1 dargestellte Anordnung ist schon früher von uns beschrieben worden[2]). Hier ist D der am Ende des Spaltrohres befestigte symmetrische Doppelspalt, dessen beide Hälften durch die Mikrometerschrauben m_1 und m_2 in meßbarer Weise geöffnet werden können. Davorgelagert sieht man den Reflexionskörper R, welcher so befestigt ist, daß die dem Spalt zunächst befindliche horizontale Kante sich in gleicher Höhe und in unmittelbarer Berührung mit der Trennungslinie der beiden Spalthälften befindet, sowie endlich, daß der horizontale Schnitt durch die Mitte des Rhomboeders in der Verlängerung der optischen Achse des Spaltrohres steht. Zur genauen Herbeiführung dieser Stellung dienen die beiden Stellschrauben s_1 und s_2. Unmittelbar vor dem Reflexionsprisma R steht das Absorptionsgefäß A mit der zu untersuchenden Lösung und dem Schulzschen Glaskörper g auf einem Mikrometerstativ, durch welches es in die richtige Lage zu den übrigen Teilen des Apparates gebracht werden kann.

Von den aus der Lichtquelle kommenden Strahlen fällt das obere Bündel $t\,t'$ nach Durchlaufen des Absorptionsgefäßes A und des Rhomboeders R auf die untere Hälfte des Spaltes, das untere Bündel $t_1\,t_1'$ auf die obere, und zwar so, daß die Strahlen t

[1]) *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **3.** *S. 562. 1889.*
[2]) *Zeitschr. f. anorgan. Chem.* **1.** *S. 122. 1892.*

nnd t_1 in der horizontalen, dem Spalt nächsten Kante des Reflexionskörpers aneinander grenzen. Die den untersten und den obersten Teil des Spaltes beleuchtenden Strahlen t' und t_1' lassen dagegen bei ihrem Dnrchtritt dnrch das Absorptionsgefäß einen mehrere Millimeter hohen Ranm frei, innerhalb dessen die obere Fläche des Glaskörpers g — die Grenze zwischen den beiden verschieden dicken Schichten der Lösnng — Platz findet, ohne wie bei der nrsprünglichen Vierordtschen Einrichtung dnrch Verbreiterung der Trennnngslinie beider Spektren einen störenden Einfluß zn üben; die Trennnngslinie zwischen den beiden Lichtbündeln wird hier dnrch die scharfe mit der Mitte des Doppelspaltes znsammenfallende Kante des Prismas R gebildet.

Durch die Benntzung des Hüfnerschen Reflexionskörpers ist gewiß eine Verbesserung der Vierordtschen Methode gegeben, es ist die Einwirknng des Schulzschen Glaskörpers anf die Trennungslinie der beiden Spektren im Gesichtsfelde vollkommen beseitigt, aber es ist die Mitte des Doppelspaltes nicht ansgeschaltet, was nach den vorausgeschickten Erwägungen vorteilhaft erscheint. Dieses letztere erreichte P. Schottländer[1]) durch die folgende geringe Änderung an der Vierordtschen Doppelspaltmethode.

Nach seinem Vorschlage sollte das Kollimatorobjektiv horizontal dnrchschnitten und die beiden Hälften desselben nach oben nnd nach nnten so weit voneinander entfernt werden, daß ihre optischen Achsen parallel über einander mit etwa 10 *mm* Zwischenraum sind. Sodann ist das Kollimatorrohr mit einer horizontalen Zwischenwand zn versehen, damit von der oberen Spalthälfte kein Licht auf die untere und ebenso von der unteren kein Licht auf die obere Objektivhälfte falle. So gewinnt man einen Zwischenraum von 10 *mm*, in welchen der Meniskus der Flüssigkeitsoberfläche bezw. die Oberfläche des Schulzschen Körpers fallen kann. Die absorbierende Flüssigkeit brancht dann nicht einmal vor den Doppelspalt gestellt zn werden, sondern könnte z. B. zwischen Kollimatorobjektiv und Prisma ihren Platz finden.

Wir führen den Schottländerschen Gedanken mit einer kleinen Abänderung aus. Unmittelbar vor dem symmetrischen Doppelspalt $S_1 S_2$ (Fig. 2) ist das ebenfalls

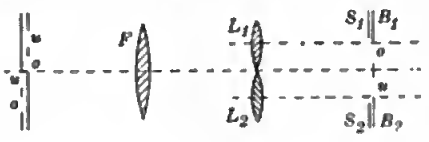


Fig. 2.

von Schottländer angegebene dünne, mit den Ausschnitten o nnd u versehene Abblendblech $B_1 B_2$ angebracht, welches den Zweck hat, diejenigen Abschnitte des Spaltes richtig zn begrenzen, welche zur Wirkung gelangen sollen. Dieses Blech fällt mit seiner Hinterfläche in die Ebene der Spaltschneiden, seine Kanten werden also mit den Spaltschneiden scharf abgebildet. Die Mitte des Doppelspaltes wird durch einen undnrchsichtigen Querstreifen des Blendenbleches verdeckt; die Blechkante, welche die Öffnnng o nach oben, und diejenige, welche die Öffnnng u nach unten begrenzt, sind durch Schrauben in der Höhe verstellbar.

An Stelle der beiden Halbobjektive benutzen wir jedoch zwei vollständige Objektive L_1 und L_2 mit parallelen optischen Achsen. Die obere nnd die untere Begrenznng des Doppelspaltes muß in der Achse des zugehörigen Objektivs liegen.

Fig. 2 zeigt, wie sich infolge der geschilderten Anordnnng des Kollimators die Spektren im Beobachtnngsrohr lagern. Es sind hier die Bilder, welche durch die Linsen L_1 und L_2 entstehen, nnd welche natürlich in eine Ebene, die Brennebene des Objektivs F fallen, der Deutlichkeit wegen hinter einander gezeichnet. Man sieht,

[1]) *Diese Zeitschr. 9. S. 98. 1889.*

daß bei richtiger Justierung der Kanten des Abblendbleches B_1 B_2 das Bild der oberen Kante der Öffnung o nnd dasjenige der nnteren Kante der Öffnung u in der Mitto des Gesichtsfeldes zusammenstoßen. Durch entsprechende Jnstierung der Kanten des Blendbleches B_1 B_2 hat man also hier die gewünschte ideelle Linie als Grenze zwischen den beiden Spektren, welche bei Heiligkeitsgleichheit vollkommen verschwindet. Das dnrch die Linse L_1 erzengte Bild der unteren Spaltöffnnng u und das durch die Linse L_2 entstehende der oberen Spaltöffnnng o wird dnrch eine passende Blende in der Gesichtsfeldebene abgeblendet; die von Schottländer angegebene horizontale Mittelwand im Kollimatorrohr, welche leicht störende Reflexe erzeugt, kann hierbei fortbleiben.

Dnrch dio Beschäftigung mit diesem Gegenstande sind wir auf den Gedanken gekommen, daß sich anch das in der Photometrie so sehr nützliche Prinzip des Lummer-Brodhnnschen Würfels nnschwer für ein solches Spektrophotometer verwenden lasse. Denn zu denjenigen Apparaten, welche der quantitativen Spektralanalyse dienen können, gehört anch das von Lnmmer nnd Brodhnn konstruierte Spektrophotometer[1]). Dieses Instrument besitzt zwei Kollimatorrohre, deren Achsen einen rechten Winkel zneinander biiden. In ihrem Schnittpnnkt ist die von Lnmmer nnd Brodhun erdachte Prismenkombination anfgestellt; darauf folgt das zerstrenende Prisma des Apparates.

Wird das Oknlar des Beobachtnngsfernrohres entfernt nnd das Ange in die Gesichtsfeldebene gehalten, welche dnrch zwei sich krenzende Spalte auf eine genügend kleine Öffnnng gebracht ist, so erblickt das Ange die Hypotennsenfläche des Lnmmer-Brodhnnschen Prismenpaares dnrch das als Lnpe dienende Objektiv des Fernrohres hindnrch in einer und derselben Farbe erieuchtet, deren Wellenlänge von der jeweiligen Neigung des Beobachtnngsfernrohres gegen das zerstreuende Prisma abhängt. Ans der gleichen Heiligkeit der durchsichtigen und der reflektierenden Würfelfelder schließt man anf die gleich große Lichtmenge, welche durch die Spalte der beiden Kollimatoren in den Apparat eintreten.

Man würde also, nm den Apparat zur qnantitativen Spektralanalyse nach der Doppelspaltmethode zu benntzen, zunächst dafür zn sorgen haben, daß die belden Spalte gleich heil belenchtet werden, daß aiso bei gleicher Weite der belden Spalte die verschiedenen Teile der Hypotennsenfläche des Glaswürfels gleich heil erscheinen. Sodann würde vor den einen der beiden Spalte das Glasgefäß mit der zn nntersnchenden Lösnng anfzustellen nnd dieser Spalt so weit zu öffnen sein, daß wieder gleiche Heiligkeit der Würfelfelder hergestellt ist. Das Verhältnis der Weite der belden Spalte zueinander würde dann dieselbe Bedeutnng haben wie das Verhältnis der Weiten der belden Spalthälften des Vierordtschen Doppelspaltes. Um nnn etwaige Ungleichheit der Beleuchtnng der beiden Spalte zu eiiminieren, könnte man anch noch eine zweite Messung machen, bei welcher dann die zn nntersuchende Lösnng vor dem anderen Spalt anfzustellen wäre, nnd ans beiden das Mittel nehmen.

Lnmmer nnd Brodhun arbeiten allerdings meistens mit der gleichen Welte der beiden Spalte nnd empfehien, die heliere Llchtqneile dnrch Einschalten von vor dem Spalte rotierenden Sektorenscheiben in soichem Maße zn schwächen, daß die Würfelfelder gleich heil erscheinen.

Bedenkt man nnn, daß der vorher beschriebene Apparat nach Schottländerscher Art eigentlich zwei Kollimatoren enthält, wenn sie auch in ein einziges äußeres Rohr eingeschlossen sind, so liegt es nahe zu versuchen, mit diesem konstrnktiven Ge-

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 132. 1892.*

danken denjenigen des Lummer-Brodhunschen Glaswürfels zu verbinden. Das kann auf die folgende Art geschehen.

Es sind wieder zwei Kollimatorobjektive L_1 und L_2 mit parallel gerichteten Achsen vorhanden (Fig. 3), und ebenso ist vor dem Doppelspalt $S_1 S_2$ ein Abblendblech $B_1 B_2$ angebracht, jedoch liegen hier die obere und die untere Öffnung (o und u) so, daß die optische Achse des ihnen entsprechenden Objektivs durch die Mitte der zugehörigen Öffnung geht. Vor jedes der beiden Objektive L_1 und L_2 ist ein Reflexionsprisma (R_1 und R_2) gelagert, welches dieselbe Form hat wie das Reflexions-

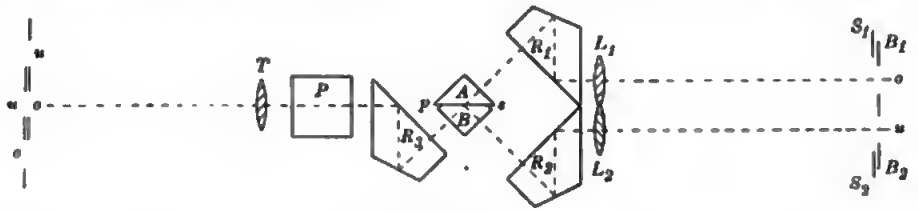


Fig. 3.

prisma in der von uns beschriebenen Anordnung des Photometerkopfes nach Lummer und Brodhun[1]). Hier treten die in der optischen Achse der Objektive L_1 und L_2 liegenden Strahlen senkrecht in die Prismen ein und senkrecht wieder aus, während sie dazwischen an der versilberten Rückfläche der Prismen reflektiert werden. Sie schneiden sich dann in der Achse des Kollimatorrohres unter rechtem Winkel; in diesem Schnittpunkt wird der Lummer-Brodhunsche Glaswürfel aufgestellt, sodaß die Hypotenusenflächen der beiden rechtwinkligen Prismen A und B ebenfalls in der Achse des Kollimatorrohres liegen. Die aus der oberen Hälfte o des Doppelspaltes

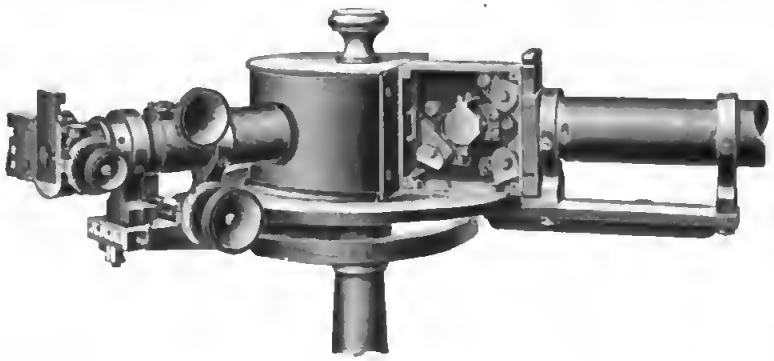


Fig. 4.

kommenden Strahlen gehen geradlinig durch den Glaswürfel hindurch, die von der unteren Spalthälfte u herrührenden werden an der Hypotenusenfläche reflektiert und verlassen den Prismenkörper in derselben Richtung wie die von o kommenden. Ein drittes Reflexionsprisma R_3 von derselben Beschaffenheit wie R_1 und R_2 bringt die vereinigten Strahlenbüschel wieder in die Achse des Kollimatorrohres; sie werden durch das zerstreuende Prisma P des Spektralapparates in das Spektrum ausgebreitet, und von diesem erzeugt das Objektiv T des Beobachtungsfernrohres in seiner Brennebene ein Bild. In Fig. 3 sind die Bilder der oberen und der unteren Spalthälfte wieder hinter einander gezeichnet. Wie man sieht, fällt hier ein Bild der oberen Spaltöffnung o mit einem Bild der unteren Spaltöffnung u vollkommen zusammen, und durch das Okular des Beobachtungsfernrohres betrachtet erscheinen sie als ein

[1]) *Journ. f. Gasbel.* **37.** *S. 61. 1894.*

einziges Spektrum. Die oben und unten entstehenden zweiten Bilder der beiden Spaltöffnungen *o* und *u* werden abgeblendet.

Bringt man aber das beobachtende Ange, wie das vorstehend beschrieben ist, in dle Brennebene selbst, nachdem man das Oknlar entfernt hat, so sieht man die Felder des Glaswürfels in derjenigen Farbe lenchten, für welche das Beobachtungsfernrohr eingestellt ist.

Fig. 4 zelgt die wesentllchen Teile der Anordnnng des Apparates. Von dem zwischen dem Kollimatorrohre nnd dem zerstreuenden Prisma eingesetzten Kasten lst dio vordere Verschlnßplatte abgenommen, nm die Anordnung der Teile im Innern erkennen zu lassen. Im übrigen entspricht dcr Apparat vollkommen der üblichen Einrichtung eines Spektralapparates nach Bunsen. Die qnantitativen Bestimmnngen erfolgen hier vollkommen nach der Regel der Doppelspaltmethode. Vor dem Doppelspalt wird das Absorptionsgefäß mit der farbigen Lösnng und dem Schulzschen Glaskörper anfgestellt, dessen obere Grenze in vorteilhafter Weise durch den nndurchsichtigen Trennungsstreifen zwischen der oberen nnd der nnteren Öffnung der Spaltblende verdeckt wird.

Auch bei dem von Brace angegebenen Spektrophotometer[1]) lassen sich die beiden Kollimatorrohre mit je einem Spalt durch ein Kollimatorrohr mit Doppelspalt nnd zwei Objektiven ersetzen. Anch die weitere Anordnung der Reflexionsprismen R_1 und R_2 entspricht der in Fig. 3 für den Lummer-Brodhnnschen Apparat schematisch dargestellten Einrichtung, nur tritt dann an Stelle des Lummer-Brodhunschen Prismenpaares das Bracesche Doppelprisma, und es müssen die in dieses Prisma eintretenden Strahlen unter dem richtigen Winkel auf die Eintrittsfläche geleitet werden.

Dekaden-Widerstandskasten mit vier Spulen in der Dekade.

Von

A. Bombe in Südende bei Berlin.

In *dieser Zeitschr. 28. S. 127. 1908* ist ein Dekadenkasten der Leeds & Northrup Co. in Philadelphia, Pa., angegeben, bei welchem unter Verwendnng von 4 Widerstandsspulen mit *einem* Stöpsel alle Widerstände von 0 bis 9 der betreffenden Dekade geschaltet werden können.

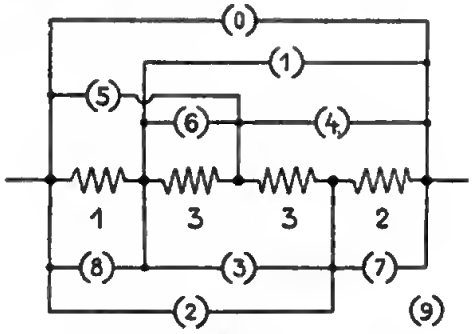


Fig. 1.

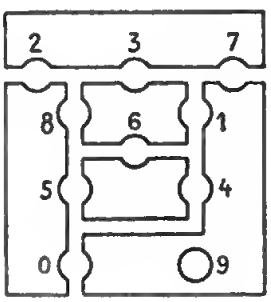


Fig. 2.

Ich möchte hierzn bemerken, daß die Firma Gans & Goldschmidt in Berlin seit einiger Zeit nach meiner Angabe einen Stöpselrheostaten anfertigt, der dieselbe Anfgabe einfacher löst. In nebenstehender Fig. 1 ist das Schaltungsschema gegeben,

[1]) *Phil. Mag. 48. S. 420. 1899;* Referat in *dieser Zeitschr. 20. S. 210. 1900.*

nach welchem 4 Widerstandsspulen der Beträge 1; 3; 3; 2×10^n in dieser Reihenfolge hinter einander geschaltet sind. Durch den bei der betreffenden Zahl, z. B. 3, eingeführten Stöpsel werden so viele Widerstandsspulen (in diesem Falle die Werte $3+3=6$) *kurz geschlossen*, daß der gewünschte Widerstand 3×10^n Ohm übrig bleibt. Um die erste Dekade auf den Gesamtwert 10×10^n zu bringen, wird noch eine Widerstandsspule 1×10^n eingefügt.

Die Anordnung der Kontaktklötze zu dem Schema der Fig. 1 zeigt Fig. 2; für die erste Dekade (10×10^n) ist noch ein sechster Kontaktklotz erforderlich. Um mit möglichst wenig Klötzen auszukommen, mußte auf die ziffernmäßige Reihenfolge der Stöpsellöcher verzichtet werden.

Rheostaten nach dieser neuen Anordnung haben entgegen den bisher in Deutschland gebräuchlichen Dekadenwiderständen den Vorzug, daß nur 4 Spulen für eine Dekade erforderlich werden. Die Ersparnis von einer Widerstandsspule und von zwei Kontaktklötzen pro Dekade gegenüber der Feußnerschen Form (*Elektrotechn. Zeitschr.* **12.** *S. 294. 1891*; vgl. auch *diese Zeitschr.* **18.** *S. 133. 1898*) verbilligt die Apparate, während die Vorteile des Dekadensystems erhalten bleiben.

Referate.

Ein neuer Entfernungsmesser.

Von E. A. Rooves. *The Geogr. Journ. London* **31.** *S. 425. 1908.*

Der Verf. erklärt für viele Zwecke, u. a. für Reisende, ein Instrument für erwünscht, von einfacher kräftiger Konstruktion, dessen Justierung nicht leicht in Unordnung geraten kann, und mit dem die Entfernungen erreichbarer, ebenso aber auch nicht zugänglicher Punkte vom Standpunkt des Instruments aus bequem und genügend genau bestimmt werden können. Das von ihm entworfene und von C. F. Casella & Co. in London gebaute und in einem Prospekt „*Reeves' Distance Finder* (Engl. Patent Nr. 19775/06)" beschriebene Instrument ist wie fast alle seine Vorgänger ein Entfernungsmesser aus Klasse Ia meiner Einteilung der Parallaxendistanzmesser (s. *Zeitschr. f. Vermess.* **20.** *S. 193. 1891*), nämlich zur Gruppe I, Distanzmesser ohne Latte (Basis am Standpunkt), und a. mit konstanter Basis, also variablem Parallaxenwinkel gehörig: an den Endpunkten einer Invarschiene von bestimmter Länge ($2^1/_2$ engl. Fuß beim kleinen, 5 Fuß beim großen Modell oder rund 76 und 152 *cm*) befinden sich zwei Fernrohre, die unabhängig voneinander geklippt und in Lagerringen um die Achse des Lagerringpaars gedreht werden können zur Beseitigung des Kollimationsfehlers. Im Okular des einen ist ein gewöhnliches Fadenkreuz, im andern ein Fadenschraubenmikrometer. Die Basisschiene ist mit Klemme und Feinschraube für Horizontalbewegung ausgerüstet, kann nämlich um eine in gewöhnlichem Dreifuß geführte Stehachse gedreht werden; ebenso kann sie umgelegt werden, sodaß die jetzt obere Seite unten zu liegen kommt. Man kann so eine Reihe von Fehlern eliminieren, und gerade hierin sieht der Konstrukteur des Instruments einen wesentlichen Vorzug vor andern ähnlichen Instrumenten. Eine Tabelle an der Basisschiene gibt die der abgelesenen Parallaxe entsprechende Entfernung an. Die Tragweite und die Genauigkeit dieser Instrumente hängen bekanntlich von der Länge der Basisschiene b und vor allem von der Genauigkeit ab, mit der der Parallaxenwinkel gemessen werden kann. Nicht zu vergessen ist, daß bei gegebenem b (hier, wie erwähnt, entweder $2^1/_2$ oder 5 *feet*) und bestimmtem Fehler dp in der Parallaxe p der Entfernungsfehler bekanntlich mit dem *Quadrat der Entfernung* wächst (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 331. 1907*).

Mit $b = 1{,}50\ m$ (etwa dem großen Modell entsprechend) und mit $dp = \pm 3''$, was eine sehr kleine Annahme ist, erhält man für $D = 300\ m$ (p rund $1000''$) $dD = \mp 0{,}9\ m$, für $D = 600\ m$ (p rund $500''$) aber schon $dD =$ rund $\mp 3^1/_2\ m$. Immerhin wird man dem Verf.

zugehen können, daß sein Instrument den Vergleich mit dem „*Bar Subtense Instrument*“ des *Indian Survey* nicht zu scheuen braucht (Distanzmesser mit Latte, Klasse IIa, Lattenabschnitt konstant, Parallaxenwinkel veränderlich), dessen Anwendung auf zu messende Entfernungen mit zugänglichen Endpunkten beschränkt ist. Wie immer bei solchen Vergleichen sollten freilich die Zahlen möglichst ausgedehnter Versuchsmessungen unter verschiedenen Umständen nicht fehlen, die allein sichere Urteile gestatten. Die einzige Angabe ist, in dem Prospekt von Caselia, daß mit dem $2^1/_2$ *feet*-Modell die Entfernung von 1200 *feet* (rund 370 *m*) mit 0,4 % Fehler gemessen sei (während mit dem Instrument der indischen Vermessung schon Strecken von etwa 120 bis 150 *m* als „*long shot*“ angesehen würden). Die erwähnte Genauigkeit von 0,4 % entspricht dem Parallaxenfehler $dp = 1{,}7''$, was als äußerst günstig zu bezeichnen wäre.

Das neue Instrument von Reeves-Caselia kann bequem zerlegt und transportiert werden. Berichtigung und Gebrauch sind in dem Caselliaschen Prospekt ziemlich eingehend beschrieben. Der Preis ist rund 800 M. für das kleine und 1200 M. für das große Modell.

Als „*Distance Finder-Alidade*“ wird noch, zum Gebrauch auf dem Meßtisch, ein *flaches* Basisschienen-Lineal mit den zwei Fernrohren in den Endpunkten ausgeführt (Preis bei $2^1/_2$ *feet* Länge rund 600 M.); auch seine Anwendung ist in dem Caselliaschen Prospekt erläutert. *Hammer.*

Über die Veränderungen des Nickelstahls.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Proc. Verb. du Com. intern. des Poids et Mesures (2) 4. S. 215. 1907.*

Die „Invar“ genannte Nickelstahllegierung erfährt ebenso wie das Glas Veränderungen, welche eine Funktion der Zeit und der Temperatur sind. Die Veränderungen zeigen ebenso wie dort zweierlei Charakter. Die eine Veränderung ist eine dauernde; sie zeigt sich in der Art, daß ein Nickelstahlstab, welcher lange Zeit auf konstanter Zimmertemperatur gehalten wird, sich im Laufe der Zeit verlängert und dabei einem Grenzwert zuzustreben scheint. Dieser Grenzwert hängt von der Temperatur ab; der Gang der Veränderung erfolgt um so schneller, je höher die letztere ist.

Die zweite Art der Veränderung zeigt sich, wenn man einen Stab, der lange Zeit auf einer bestimmten Temperatur verweilt hat, plötzlich auf eine andere Temperatur bringt. Es tritt dann eine Längenänderung ein, welche sich größtenteils zugleich mit der Temperaturänderung vollzieht, während ein kleiner Rest als Änderung erster Art verläuft. War die zweite Temperatur höher als die erste, so besteht die restliche Veränderung in einer Zusammenziehung des Stabes, deren Geschwindigkeit sehr schnell mit der Temperatur wächst.

Die Amplitude der beiden angezeigten Veränderungen ist eine Funktion des Nickelgehaltes der Legierung. Bei 30 % Nickel noch beträchtlich, nimmt sie bei steigendem Nickelgehalt ab, um bei 43 % Nickel zu verschwinden. Bei 36 % Nickelgehalt, d. h. bei der eigentlichen Invarlegierung, ist die Änderung noch merklich und darum bei der Verwendung von Invar-Maßstäben zu berücksichtigen.

Die erste Art der Veränderungen läßt sich (wie es auch beim Jenaer Glas geschieht) durch ein künstliches Alterungsverfahren, etwa von 100° abwärts, erheblich einschränken, dem übrigens alle Maßstäbe, Pendelrohre und geodätischen Drähte, die im *Bureau international* zur Prüfung gelangen, die letzteren wenigstens 3 Monate lang, unterworfen werden. Nach dieser Zeit ist das Verhalten aller Invarkörper gleich und wird auch durch eine mechanische Bearbeitung nicht mehr geändert. Die Alterungstemperatur hat auf den Verlauf der dauernden Veränderungen nur im Anfang einen Einfluß, der nach Ablauf einer längeren Zeit verschwindet, sodaß aus der Verfolgung der Veränderungen an einem Exemplar eines Maßstabes Korrektionen für einen anderen für jede beliebige Zeit abgeleitet werden können. Verf. gibt eine graphische Darstellung des Verhaltens eines Invarmaßstabes, der bis 40° gealtert war; der mitgeteilten Kurve mögen folgende Daten für die Verlängerung in μ für 1 *m* entnommen werden:

Digitized by Google

Nach 500 Tagen	6,9 μ/m	Nach 2500 Tagen	12,8 μ/m
„ 1000 „	9,2 „	„ 3000 „	13,5 „
„ 1500 „	10,8 „	„ 3500 „	14,0 „
„ 2000 „	12,0 „	„ 4000 „	14,2 „

Die Veränderungen der zweiten Art verlaufen um so schneller, je höher die Temperatur war. In einer Annäherung fand Verf., daß die Geschwindigkeit des Verlaufs 7-mal größer wird, wenn die Temperatur um 20° steigt. Als Anhalt für die absolute Größe der Veränderung diene die Angabe, daß ein Maßstab, welcher schnell von Zimmertemperatur auf 100° gebracht wird, seine endgültige Länge praktisch in 30 Minuten angenommen hat. Die Annäherung an den Endzustand vollzieht sich nach einem Exponentialgesetz.

Nach dem vorher Gesagten bleibt also die Ausdehnung eines Invar-Maßstabes zwischen zwei Grenzwerten unbestimmt, dem einen, welcher einer schnell erreichten Temperatur entspricht, und dem anderen, der eintritt, wenn der Maßstab während einer theoretisch unendlich langen Zeit auf einer Temperatur verweilt hat. Die Differenz zwischen diesen beiden Grenzwerten ist eine Funktion der Temperatur, die sich zwischen 0° und 100° durch die empirische Formel

$$\Delta l = -0{,}00325 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^3$$

darstellen läßt.

In der Praxis, z. B. bei Benutzung eines Invar-Maßstabes zu geodätischen Messungen, wird man die Berechnung der Länge desselben nach den Annahmen durchführen, daß sich der Maßstab lange auf der mittleren Temperatur der der Messung vorhergehenden Wochen befunden habe, und daß die täglichen Temperaturschwankungen während der Ausführung der Messungen schnell verlaufende seien. Diesen Schwankungen ist dann auf Grund der Ausdehnungsformel des Maßstabes, wie sie auf dem Komparator bestimmt wurde, Rechnung zu tragen. *Schl.*

Über absolute Messungen der Schallintensität. Die Rayleighsche Scheibe.

Von W. Zernov. *Ann. d. Physik* **26**. *S. 79. 1908.*

Nach Rayleigh kann man die Intensität einer fortschreitenden Schallwelle durch die drehenden Kräfte messen, mit welchen diese Schwingungen eine kreisrunde Scheibe ihrer Wellenebene parallel zu stellen suchen. Zur Berechnung der Intensität (Energiedichte E) aus dem Drehungsmoment M und den Abmessungen der Scheibe hat König unter Annahme der Strömung einer reibungslosen Flüssigkeit Formeln für die beiden Fälle angegeben:

1) daß die Scheibe ein abgeplattetes Rotationsellipsoid mit den Halbachsen a und c sei; in diesem Fall ist

$$E = \frac{M}{K a^3 c \sin 2\vartheta}, \qquad 1)$$

wenn die Rotationsachse c mit der Strömungsrichtung den Winkel ϑ bildet; K ist eine aus a und c berechenbare Konstante;

2) daß die Scheibe kreisrund und zylindrisch sei, also in erster Annäherung ein sehr stark abgeplattetes Rotationsellipsoid; in diesem Fall vereinfacht sich die Formel 1) ein wenig.

Zernov prüft diese Beziehungen auf experimentellem Wege und kommt durch seine Untersuchungen zu dem Schluß, daß jedenfalls die Rayleighsche Scheibe in den beiden angeführten Formen für absolute Schallintensitätsmessungen sich vorzüglich eignet. Er benutzt infolgedessen diese Methode, um die Energiedichten zu messen, welche durch lautes Schreien und kräftiges Singen in 2 m Entfernung der Rayleighschen Scheibe vom Munde hervorgerufen werden; dieselben betragen in verschiedenen Fällen 0,3 bis $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ Erg pro *ccm*.

Zur Prüfung der oben angegebenen Beziehung bediente sich Zernov des folgenden Apparates. An der einen Zinke einer elektromagnetisch erregten Stimmgabel wurde ein zylindrischer Hohlkörper befestigt, sodaß die Luftmasse im Innern in Schwingungen von

genau meßbarer Amplitude A und Zahl n gerät. Die Energiemenge E pro Volumeneinheit hatte dann den Wert

$$\frac{\mu}{2}\, \pi^2 A^2 n^2, \qquad 2)$$

wenn μ die Dichte der Luft war. In diesen zylindrischen Raum hinein hing ein kleines Rotationsellipsoid von etwa 1 *cm* Durchmesser oder eine dünne zylindrische Scheibe von geringerem Durchmesser, welche an einem langen, dünnen Torsionsdraht unter Zwischenschaltung eines kurzen Glasstäbchens mit Spiegel zur Messung der Drehung befestigt war. Die Direktionskraft des Systems wurde in bekannter Weise aus Schwingungsbeobachtungen mit und ohne Zusatz eines bekannten Trägheitsmomentes bestimmt, der Winkel der durch die schwingende Stimmgabel verursachten Drehung der kleinen Scheibe mit Spiegel und Skala gemessen. Die Abweichung der aus diesen Daten nach Formel 1) berechneten Energiedichte gegen den aus der Amplitude und Schwingungszahl gefundenen Wert fiel bei Benutzung der Rotationsellipsoide in die Fehlergrenze von 0,5%. Bei Benutzung der zylindrischen Scheiben ergaben sich bedeutendere Differenzen zwischen Theorie und Experiment, die den Verf. veranlaßten, für diese Formen eine empirische Beziehung aufzustellen, welche in dem Fall der unendlich dünnen Scheibe in die von König übergeht.

Von Wichtigkeit war die Voruntersuchung der Abhängigkeit des drehenden Momentes von dem Winkel ϑ, von den Schwingungsamplituden und von den Dimensionen des schwingenden Zylinders. Was die beiden erstgenannten Punkte betrifft, so ergab sich in Übereinstimmung mit der Theorie Proportionalität mit $\sin(2\vartheta)$ und dem Quadrat der Amplitude. Für die Abhängigkeit von den Dimensionen des Zylinders wurde durch Anwendung verschieden weiter und langer Zylinder eine empirische Formel aufgestellt, welche einen Schluß auf die Größe des Momentes für den Fall des unendlich ausgedehnten Zylinders erlaubte und die Bestimmung einer dieshezüglichen Korrektion ermöglichte[1]).

Zur absoluten Messung der Schallintensität der menschlichen Stimme benutzte Zernov folgende Anordnung: An einem dünnen Quarzfaden hing ein Galvanometerspiegel von 3 *mm* Durchmesser und 0,004 *g* Masse, auf dessen Rückseite eine sehr kleine Magnetnadel aufgeklebt war; durch einen verstellbaren Magneten wurde eine beliebige Schwingungsdauer des Systems erreicht. Das Ganze war von dichter schwarzer Gaze umspannt, um Luftströmungen abzuhalten. Aus dem Drehungsmoment, welches durch die Schallwellen erzeugt wurde, und den Dimensionen wurde die Energiedichte berechnet. *S. V.*

Über das Vakuumbolometer.

Von E. Warburg, G. Leithäuser und E. Johansen. *Ann. d. Physik* **24.** *S. 25. 1907.*

Montiert man ein Bolometer im Vakuum anstatt in Luft, so erreicht man eine Steigerung der Empfindlichkeit. Die Größe der Zunahme hängt sehr von den Dimensionen des zu bestrahlenden Streifens ab. Die vorliegende Arbeit behandelt diesen Fall rechnerisch und gibt eine Prüfung der Theorie an der Hand von Versuchen. Betrachtet werden Linearbolometer von einer Breite von 0,1 bis 1 *mm*. Sie bestanden aus einer kreisförmigen Schieferplatte mit innerer rechteckiger Aussparung, in deren Mitte sich der zu bestrahlende Bolometerzweig aus geschwärztem Platinblech von 0,5 μ Dicke befand[2]). Ein ihm gleicher war am Rande der Aussparung montiert und durch ein blankes Kupferblech gegen Strahlung geschützt; er bildet den bei Luftfüllung notwendigen Kompensationsstreifen, um die Null-Lage des Galvanometers von der Lufttemperatur unabhängig zu machen. Die Zuleitungen zu den Zweigen bestanden aus 1 *mm* dickem, auf die Schieferplatte gekitteten Kupferblech; zwei

[1]) Für die, welche die Arbeit selbst nachlesen wollen, sei zur Erleichterung auf einen störenden Druckfehler an dieser Stelle aufmerksam gemacht und eine, wie mir scheint, gar zu knappe Ausdrucksweise ergänzt: Auf *S. 88. Z. 3 und 5 v. o.* muß x durch $1/x$ ersetzt werden; in der Fig. 8 ist als Abszisse x^2, als Ordinate J aufgetragen worden.

[2]) Über die Herstellung und Abätzung der Streifen vgl. *diese Zeitschr.* **12.** *S. 81. 1892.*

Zweig-Enden hatten eine gemeinsame Zuleitung, sodaß drei Anschlußklemmen an der Schieferplatte genügten. Die ganze Vorrichtung befand sich in einem Glasapparat, bestehend aus zwei durch einen Schliff verbundenen Teilen. Im unteren Teil waren drei Glasröhren mit Zuleitungen eingeschmolzen, der obere Teil kommunizierte mit einem mit Kokosnußkohle gefüllten Gefäß, das zur Herstellung des Vakuums auf — 180° gekühlt wurde; im oberen Teil war ein Steinsalz- oder Glas-Fenster angebracht zum Eintritt der Strahlung. Die Meßschaltung war die Wheatstonesche Brücke. Bei den Messungen stören die Thermokräfte, die im Vergleichs-Widerstandskasten ihren Sitz haben; um sie zu vermeiden, wurde er mittels eines Petroleumbades auf konstanter Temperatur gehalten.

Es hat sich nun gezeigt, daß beim Vakuumbolometer sehr die Belastungsstromstärke von Einfluß wird. Ist der Bolometerstreifen schwach belastet, so gilt für seinen Wärmeverlust durch Strahlung das Newtonsche Abkühlungsgesetz: die Ausstrahlung ist proportional der Temperaturerhöhung über die Umgebung. Vernachlässigt man die innere Wärmeableitung, so ist der gesamte Wärmeverlust nur durch Strahlung und durch die Wärmeleitung des Gases bedingt. Für sehr schmale Streifen ist der Verlust durch Gasleitung gegenüber dem Strahlungsverlust sehr beträchtlich. Nimmt die Breite zu, so wächst der Verlust durch Gasleitung nur langsam, während der Strahlungsverlust der Breite proportional ist. Je schmäler also der Streifen ist, um so größeren Einfluß hat die Wärmeleitung im Gase gegenüber der Strahlung, man hat also bei den schmalsten Bolometern die größte Wirkung des Evakuierens zu erwarten.

Während bei kleiner Stromhelastung die Strahlungsempfindlichkeit, d. h. der Ausschlag, den die senkrechte Bestrahlung des Streifens in dem ursprünglich stromlosen Galvanometer hervorbringt, beim Vakuumbolometer der Belastung nahezu proportional ist, so fällt dies fort, wenn man die Belastungsstromstärke erhöht. Man kommt bald an ein Maximum der Strahlungsempfindlichkeit, die bei weiterer Steigerung der Meßstromstärke wieder abnimmt. Beim Luftbolometer ist für die gleiche Belastung immer noch Proportionalität zwischen Empfindlichkeit und Belastungsstromstärke vorhanden; dies ist immer dann der Fall, wenn der Wärmeverlust des Bolometerstreifens der Temperaturerhöhung proportional ist. Solange die Luftleitung vorhanden ist, ist diese Bedingung sehr nahe erfüllt. Beim Vakuumbolometer ist der Verlust durch Strahlung maßgebend; man findet ihn der dritten Potenz der absoluten Temperatur proportional; auch ist für die gleiche Stromhelastung die Temperaturerhöhung beim Vakuumbolometer viel größer als beim Luftbolometer. Hieraus erklärt sich das Zustandekommen des Maximums der Strahlungsempfindlichkeit.

Die theoretische Behandlung des Falles hoher Stromhelastung wird wegen der Berücksichtigung der inneren Wärmeleitung der Streifen sehr schwierig. Man kann jedoch sagen, daß im Vakuum bei Bolometerstreifen, die sich nur durch ihre Breite unterscheiden, das Maximum der Strahlungsempfindlichkeit der Quadratwurzel aus der Breite proportional ist, falls die Stromhelastung der letzteren proportional gewählt wird. Das Luftbolometer verhält sich bei Steigerung der Stromhelastung anders; bei ihm ist die Empfindlichkeit der Breite ungefähr proportional. Es hängt dies auch damit zusammen, daß die Temperatur beim Luftbolometer nur in geringem Maß sich über die Umgebung erhebt, während sie im Vakuum erheblich wachsen kann; sie war z. B. im Fall des Empfindlichkeitsmaximums in den untersuchten Fällen ungefähr 40° C.

Für die Praxis kommt es darauf an zu wissen, welche Empfindlichkeitssteigerung man zu erwarten hat, wenn man bei einem gegebenen Bolometer durch Einbringen in ein Vakuum die Wärmeleitung der Luft fortschafft, während man gleichzeitig die maximale Strombelastung, d. h. diejenige, bei welcher das Galvanometer noch ruhig steht, anwendet. Der Vorteil des Vakuums ist groß für sehr schmale Bolometerstreifen. Ein Bolometer mit Streifen von 0,0195 *cm* Breite wird im Vakuum 4,9-mal empfindlicher; eines mit Streifen von 0,102 *cm* 3,3-mal. Für kleine, aber für Messungen weniger in Betracht kommende Stromhelastungen wird die Empfindlichkeit im ersten Fall 10,3-, im zweiten 4-mal so groß. *Lhr.*

Neue Auswertung des Meters in Lichtwellenlängen.

Von R. Benoit, Ch. Fabry und A. Perot. *Compt. rend.* ***144.*** *S. 1082. 1907.*

Die erste Auswertung des Meters in Wellenlängen erfolgte bekanntlich nach Michelsons Plänen in den Jahren 1892 und 1893 im *Bureau international des Poids et Mesures* durch Michelson unter Beihülfe des *Bureau* (vgl. *diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 293. 1902*). Drei voneinander unabhängige Messungsreihen ergaben damals für die Wellenlänge λ der roten Cd-Linie (in Luft von 15° C. und 760 *mm* Druck) die Beziehung

$$1\ m = 1553163{,}5\ \lambda \qquad \text{oder} \qquad \lambda = 643{,}84722\ \mu\mu$$

mit einer Genauigkeit von etwa $^1/_{1000000}$ des Wertes. Die möglichst genaue Bestimmung dieser Beziehung liefert ein auf andere Weise vergeblich zu suchendes Kriterium für die Unveränderlichkeit des Prototyps, welches die grundlegende Längeneinheit definiert. Eine Wiederholung der Messungen unter anderen Umständen ist daher mit Freuden zu begrüßen, auch weil sie ein Resultat kontrolliert, das bisher nur nach einer einzigen Methode erhalten wurde und möglichenfalls noch mit einem unbekannten systematischen Fehler behaftet sein konnte. Da nun die von Fabry und Perot vorgeschlagene neue Meßmethode noch eine bedeutend größere Genauigkeit erwarten ließ, so wurde auf Beschluß des *Comité international des Poids et Mesures* eine Wiederholung der Zurückführung des Meters auf die Wellenlänge λ in das Arbeitsprogramm des *Bureau* aufgenommen. Mit Rücksicht auf die Versuchsanordnung sowie aus Gründen der Bequemlichkeit ist die Arbeit in einem der Säle des *Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers* ausgeführt worden.

Auch noch aus einem anderen Grunde ist es von größter Wichtigkeit, die Wellenlänge λ der roten Cd-Linie so genau als möglich zu ermitteln. Diese Wellenlänge soll nämlich nach dem Beschluß der *Union internationale pour les recherches solaires* vom Jahre 1905 allgemein als Normal für die spektroskopischen Messungen dienen.

Um die Beziehung zwischen λ und dem Meter zu finden, ist es erforderlich, erstens die Anzahl Wellenlängen zu bestimmen, welche in einem nahezu 1 *m* langen Maßstabe enthalten sind, und zweitens diesen mit einem Meterstabe zu vergleichen, der direkt an das internationale Prototyp angeschlossen ist.

Der nahezu 1 *m* lange Maßstab besteht aus Invar, hat einen U-förmigen Querschnitt von 5 *cm* × 5 *cm* und im Innern eine Höhlung von 3 *cm* × 3 *cm*, durch welche die Lichtstrahlen hindurchgehen können. Gegen die beiden mit abgerundeten Widerlagern versehenen Enden werden plane, versilberte Glasplatten angedrückt, sodaß zwischen den beiden Silberflächen eine planparallele Luftplatte entsteht, ähnlich den sogenannten Etalons (vgl. *diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 238. 1901*). Oben auf den beiden Glasplatten ganz nahe den Innenkanten sind Teilstriche gezogen, sodaß die Entfernung zwischen zwei passend gewählten Teilstrichen nahezu 1 *m* beträgt. Dieser Abstand ist also in Wellenlängen auszumessen; er ist gleich der Zahl N von Wellenlängen, welche die Luftplatte enthält, vermehrt um die Zahl n von Wellenlängen, die der Summe der Entfernungen der beiden gewählten Teilstriche von den Silberflächen entspricht.

Direkt kann die Zahl N nicht gefunden werden, weil eine 1 *m* dicke Luftplatte kein Interferenzphänomen mehr zeigt. Daher werden vier Etalons von bezw. 6,25 *cm*, 12,5 *cm*, 25 *cm* und 50 *cm* Dicke zu Hülfe genommen. Der kürzeste dieser Etalons wird auf bekannte Weise unter Zuhülfenahme der grünen Cd-Linie in Wellenlängen λ ausgewertet. Darauf vergleicht man diesen Etalon optisch mit dem doppelt so langen von 12,5 *cm* nach der Reitermethode (vgl. *diese Zeitschr.* ***25.*** *S. 385. 1905*). Hierbei werden die beiden Etalons, sowie noch ein geeichter, dünner, schwach keilförmiger Luft-Etalon hinter einander aufgestellt und mit weißem parallelen Licht beleuchtet. Man beobachtet alsdann die durch Superposition der drei Luftplatten entstehenden, einer sehr geringen Wegdifferenz entsprechenden Fizeauschen Interferenzstreifen und findet so leicht den kleinen, in Wellenlängen λ ausgedrückten Unterschied zwischen der Länge des 12,5 *cm*-Etalons und der doppelten Länge des 6,25 *cm*-Etalons. In ähnlicher Weise geht man vom 12,5 *cm*-Etalon über auf den 25 *cm*-Etalon, dann

auf den 50 *cm*-Etalon und schließlich auf den schon beschriebenen 1 *m*-Maßstab. Damit ist N bestimmt.

Dieselben Messungen werden gleich darauf im umgekehrten Sinne ausgeführt, um den Einfluß von Luftdruck-Änderungen auf die Wellenlänge möglichst zu eliminieren. Dagegen ist der Einfluß der Temperatur auf N zu vernachlässigen, da die Ausdehnung des Invars, aus dem auch die Etalons verfertigt sind, fast genau durch die Änderung der Wellenlänge λ kompensiert wird. Der Ausdehnungskoeffizient des Invars beträgt nämlich ungefähr $0{,}0_6 9$, während λ auf $+1°$ um $0{,}0_6 95\,\lambda$ wächst.

Behufs der Bestimmung von n denke man sich zunächst mit den beiden, die Teilstriche tragenden Glasplatten des 1 *m*-Maßstabes nacheinander zwei Etalons von nahe 1 *cm* und 2 *cm* Dicke hergestellt, sodaß der Abstand der beiden gewählten Teilstriche beim 2 *cm*-Etalon genau doppelt so groß ist wie beim 1 *cm*-Etalon. In diesem Falle würde, wie leicht einzusehen ist, die der Zahl n entsprechende Entfernung gleich der Dicke der Luftplatte des 2 *cm*-Etalons sein, vermindert um die doppelte Dicke der Luftplatte des 1 *cm*-Etalons. Da sich natürlich solche Etalons nur angenähert herstellen lassen, so wird folgendermaßen verfahren.

Man denke sich alle Längen in Wellenlängen λ ausgedrückt, und es seien E bezw. E' die Dicken der Luftplatten des 1 *cm*- bezw. 2 *cm*-Etalons, D und D' die entsprechenden Abstände der beiden Teilstriche, so ist

$$D = E + n \qquad \text{und} \qquad D' = E' + n,$$

wobei sich D' nur sehr wenig von $2D$ unterscheidet. Auf einem Invarstabe sind nun in möglichst gleichen Abständen Teilstriche gezogen, sodaß die Entfernung zweier benachbarten Teilstriche sehr nahe gleich D ist. Wir wollen drei aufeinander folgende Teilstriche ins Auge fassen, die also die beiden Teilintervalle d und d' definieren. Mittels eines Längenkomparators werden nunmehr D mit d, D mit d' und D' mit $d + d'$ verglichen. Man erhält so die Beziehungen

$$\begin{aligned} E + n &= d + e \\ E + n &= d' + e' \\ E' + n &= d + d' + e'', \end{aligned}$$

worin e, e' und e'' die sehr kleinen, mit dem Komparator direkt ermittelten Unterschiede bedeuten. Da E und E' optisch leicht in Wellenlängen auszuwerten sind, so kann man aus den drei Gleichungen nach Elimination von d und d' in einfacher Weise die Zahl n berechnen.

In Wirklichkeit wird nicht nur mit zwei Teilintervallen, sondern mit sechs operiert. Man hat dann mehr Gleichungen als Unbekannte und löst nach der Methode der kleinsten Quadrate auf. Fünfzehn Messungsreihen, jede einzelne auf sechs Teilintervalle ausgedehnt, ergaben so für die der Zahl n entsprechende Entfernung 0,81830 *mm*.

Die Auswertung des 1 *m*-Maßstabes in Metermaß erfolgte, zu gleicher Zeit wie die optischen Messungen, durch Vergleichung mit einem Meterstabe, der aus demselben Metallbarren wie der erstere hergestellt war. Die Länge dieses Meterstabes wurde vom *Bureau* mit der größten Sorgfalt relativ zu den Hauptgebrauchsnormalen bestimmt. Er differierte im November vom Meter um 4 μ und verlängerte sich in zwei Monaten, Oktober bis Dezember 1906, nur um 0,12 μ.

Nach Reduktion der Wellenlängen auf trockene Luft von 15° der Wasserstoffskale und 760 *mm* Druck ergeben sieben Versuchsreihen — bei jeder dieser Reihen waren die Etalons neu justiert worden — die folgenden Werte:

Reihe 1	$1\,m = 1553163{,}35\,\lambda$	$\lambda = 643{,}84728\,\mu\mu$
2	3,75	712
3	4,12	696
4	4,16	695
5	4,22	692
6	4,30	689
7	4,02	700
Mittel:	$1\,m = 1553163{,}99\,\lambda$	$\lambda = 643{,}84702\,\mu\mu$.

Digitized by Google

Aus verschiedenen Gründen werden die Reihen 1, 2 und 6 verworfen; das Mittel aus den übrigen vier wird dann

$$1\ m = 1553164{,}13\ \lambda \qquad \lambda = 643{,}84696\ \mu\mu.$$

Der Unterschied dieser Werte von den Mittelwerten aller sieben Reihen beträgt für 1 m nur 0,09 μ, eine Größe, die man bei den Messungen mit voller Sicherheit nicht mehr verbürgen kann. Eine Genauigkeit von $^1/_{10000000}$ des Wertes scheint demnach fast gesichert. Dies ist aber auch die Grenze der Genauigkeit, mit welcher das Prototyp im Komparator unter den besten Beobachtungs-Bedingungen gemessen werden kann, folglich auch die Genauigkeit, mit welcher zurzeit die Längeneinheit überhaupt definiert ist.

Interessant ist ein Vergleich des jetzigen Schlußresultats mit den Werten, welche Michelson 14 Jahre zuvor im *Bureau* erhalten hatte. An seinen Werten sind aber noch zwei Korrektionen anzubringen. Die erste betrifft die Reduktion der Temperatur auf die Wasserstoffskale und ist unbedeutend, die zweite dagegen ist merklicher. Diese bezieht sich auf den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Wellenlänge und ist etwas unsicher, da die Luftfeuchtigkeiten von Michelsen nicht notiert werden sind. Die so reduzierten Werte Michelsons sind nun

$$1\ m = 1553164{,}03\ \lambda \qquad \lambda = 643{,}84700\ \mu\mu.$$

Die Übereinstimmung dieser Werte mit den an letzter Stelle angeführten, jetzt erhaltenen ist eine sehr gute, da die Abweichung noch nicht $^1/_{10000000}$ erreicht. Mag diese vortreffliche Übereinstimmung auch zum Teil auf Zufall beruhen, jedenfalls hat sich eine Änderung des Prototyps im Verlaufe von 14 Jahren nicht mit Sicherheit nachweisen lassen.

Die Überlegenheit der jetzigen Untersuchung beruht einerseits auf der Methode, welche mit großer Schnelligkeit durch fünf aufeinander folgende, im ganzen nur etwa zehn Minuten dauernde Messungen bei der Bestimmung von N das ganze Intervall zwischen der Wellenlänge und dem Meter zu durchlaufen gestattet, andererseits darauf, daß alle Etalons sowie der Meterstab aus Invar verfertigt sind, wodurch die Messungen fast ganz von auf die Temperatur zurückzuführenden Fehlern befreit waren.

Zum Schluß sei noch einmal das Endergebnis der jetzigen Untersuchung mitgeteilt. Bedeutet λ die Wellenlänge der roten Cd-Linie in trockener Luft von 15° der Wasserstoffskale und 760 mm Druck, so ist

$$1\ m = 1553164{,}13\ \lambda \quad \text{oder} \quad \lambda = 643{,}84696\ \mu\mu$$

mit einer Genauigkeit von $^1/_{10000000}$ des Wertes. *Schck.*

Neue Bestimmung des Verhältnisses der elektromagnetischen Einheit der Elektrizitätsmenge zur elektrostatischen.

Von E. B. Rosa und N. E. Dorsey. *Bull. of the Bureau of Standards* **3**. *S. 433. 1907.*

Das Verhältnis der elektromagnetischen zur elektrostatischen Einheit der Elektrizitätsmenge ist bekanntlich gleich der Lichtgeschwindigkeit v. In der vorliegenden Arbeit wird die elektrostatische Kapazität von drei verschiedenen Kondensatoren aus ihren Abmessungen berechnet. Andrerseits wird ihre Kapazität nach der Methode von Maxwell-Thomson und einer Differentialmethode elektromagnetisch gemessen; bei dieser Messung erhält man die Resultate aus Widerständen und einer Zeitbestimmung. In die Zahl, die man für die Lichtgeschwindigkeit erhält, geht daher der Fehler des Ohm ein. Der Fehler, den die Einheit des Ohm hat, ist aber jedenfalls weit geringer als die Genauigkeit, mit der die Lichtgeschwindigkeit bekannt ist.

Es ist mit drei Kondensatoren gearbeitet werden.

a) Der erste ist ein Kugelkondensator (Fig. 1), der im Jahre 1879 nach den Angaben von Rowland angefertigt ist. Die äußere Kugel besteht aus zwei Hälften, die aufeinander gesetzt werden können; die innere Kugel hängt an einem Seidenfaden S, der durch eine kleine Öffnung der äußeren Schale hindurchgeführt ist. Der Seidenfaden ist an einer Zahn-

stange mit Trieb befestigt; an einer Skale mit Nonius kann die Lage der inneren Kugel abgelesen werden. Die Skale ist mittels Stahldrahtes an einem Hebel befestigt, der durch ein Gegengewicht ausbalanciert ist. Die Messungen wurden mit zwei Kugeln ausgeführt, deren Radien 10,118 und 8,874 *cm* betragen. Der innere Radius der äußeren Schale ist 12,671 *cm*. Nachdem die Äquatorebene der unteren Schale genau horizontal gestellt ist, wird die innere Kugel durch passende Lehren horizontal so lange verschoben, bis der Abstand von dem Rand der unteren Schale überall gleich ist; danach wird die obere Hälfte aufgesetzt; dann werden durch Heben und Senken der inneren Kugel die Berührungslagen mit der umhüllenden Schale festgestellt, und die innere Kugel wird genau in der Mitte der so gefundenen Lagen eingestellt.

Sind die Kugeln genau konzentrisch, so ist bekanntlich die Kapazität ein Minimum; diese Eigenschaft wurde auch benutzt, um die

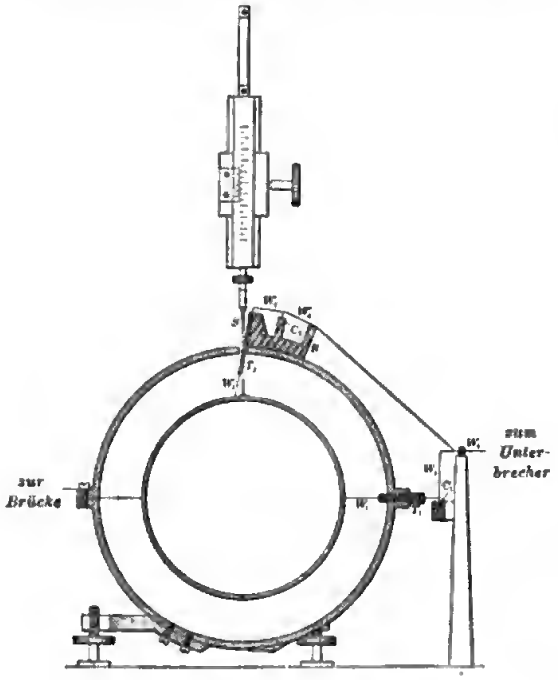


Fig. 1.
T_1 T_2 Führungen für die Ladedrähte W_1 W_2,
C_1 C_2 Quecksilbernapf

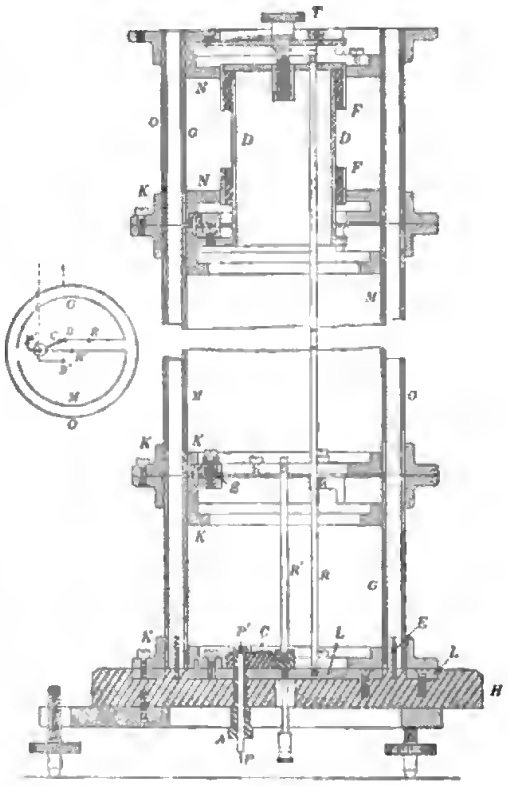


Fig. 2.

Güte der Justierung auf elektrischem Wege zu prüfen. Die Ladung kann der inneren Kugel durch zwei Drähte W_1 und W_2 zugeführt werden. Es geschah dies, um durch Beobachtungen mit einer oder mit zwei Zuführungen die Störungen und Korrektionen zu ermitteln, die durch diese Zuführungsdrähte notwendig werden.

Die Ausmessung der Radien erfolgte erstens direkt und zweitens durch Wägung, indem die Wassermenge gewogen wurde, welche in die Hohlkugel für sich allein eingefüllt werden kann, und die Wassermenge, welche durch die inneren Kugeln verdrängt wird.

b) Der Zylinderkondensator (Fig. 2) besteht im wesentlichen aus zwei ineinander gesteckten konzentrischen Rohren *M* und *O*; der innere Durchmesser des äußeren Rohres beträgt 7,241 *cm*, der äußere des inneren Rohres 6,257 *cm*. Jedes Rohr kann in vier über einander gesetzte Teile zerlegt werden, von denen der oberste und unterste 12 *cm* hoch, die beiden mittleren je 20 *cm* hoch sind.

Die beiden mittleren Teile *O M* bilden den eigentlichen Kondensator, während die Teile *O G* oben und unten als Schutzzylinder dienen, um den Einfluß der Enden der Zylinder bei der Berechnung der Kapazität zu eliminieren. Man erhält so, je nachdem man in den

mittleren Teil nur einen oder zwei Zylinder der Länge 20 *cm* über einander setzt, zwei Kondensatoren, deren Kapazitäten sich wie 1:2 verhalten.

Der ganze Kondensator ist auf einer starken Hartgummiplatte *H* aufgebaut. An den Außenrändern der äußeren Zylinder und den Innenrändern der inneren Zylinder sind starke Ringe *K* angelötet, die durchaus eben abgeschliffen sind. Diese Ringe, welche die Festigkeit der einzelnen Teile erhöhen, werden beim Zusammensetzen des Kondensators aufeinander gesetzt und mit Schrauben zusammengezogen. Durch Stellstifte wird die richtige Lage der einzelnen Teile genau gewährleistet.

Das unterste Zylinderpaar wird an zwei in eine starke Grundplatte *H* aus Ebonit eingelassene Metallringe *L* angeschraubt. Ein ebenfalls in die Grundplatte eingelassener Ebonitring *E* von 1 *cm* Höhe soll die Oberflächenisolation zwischen den beiden Belegungen erhöhen.

Die äußeren Zylinder sind alle unmittelbar aufeinander gesetzt, sodaß sie metallisch miteinander verbunden sind, von den inneren sind die beiden mittleren miteinander verbunden; davon isoliert sind der obere und untere, die ihrerseits durch die Stange *R* miteinander verbunden sind. Bei dem unteren Zylinder ist die Isolation durch Hartgummistückchen *S* bewerkstelligt. Komplizierter ist die Konstruktion des oberen Zylinders. An dem inneren Zylinder *M* des mittleren Teiles ist ein Messingrohr *D* von kleinerem Durchmesser befestigt; auf das Rohr sind, durch Hartgummi isoliert, zwei Führungszylinder *F* aus Messing aufgepaßt. An letzteren können zwei an den inneren Schutzzylinder *G* gelötete Ringe *N* entlang gleiten. Durch eine Mikrometerschraube *T*, welche in die Deckplatte des Ringes eingeschraubt ist, kann der Abstand des Schutzzylinders *G* von dem darunter liegenden Nachbarzylinder *M* fein eingestellt werden.

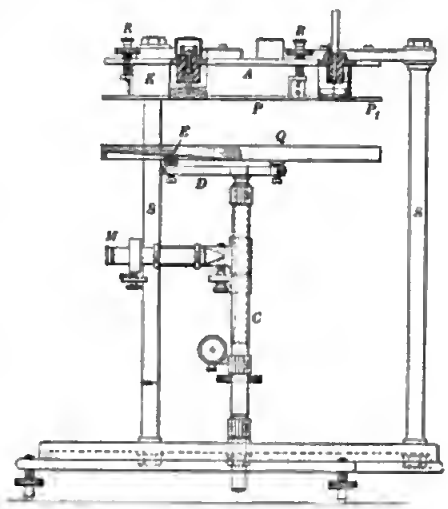


Fig. 3.

Die Stange *R* verbindet die beiden inneren Schutzzylinder miteinander, die Stange *R'* bildet die Zuleitung zu den mittleren, inneren Zylindern. Auf der Innenseite der Grundplatte ist ein kleiner Kurbelschalter angebracht, dessen Drehpunkt mit *R'* in Verbindung steht; durch den Hartgummiknopf *A* kann er entweder auf den Kontakt *B* gestellt werden, wodurch *R* mit *R'*, oder auf Kontakt *B'*, wodurch *R'* mit dem Zuleitungsdraht *P P'* verbunden wird. In der Lage *B* kann die Kapazität der Schaltung und Zuleitungen bestimmt werden, während *G* und *M* miteinander in Verbindung sind und der Kondensator sich in demselben Ladungszustand befindet, als wenn der Kontakt auf *B'* steht. In letzterem Falle mißt man Kapazität der Zylinder *M* plus Kapazität der Schaltung und Zuleitungen.

Die Ausmessung der Zylinder erfolgte ähnlich wie bei dem Kugelkondensator durch direkte Ausmessung und durch Wasserwägungen.

c) Der Plattenkondensator (Fig. 3) besteht aus zwei Platten, von denen die obere *P* mit einem Schutzring P_1 umgeben ist. Das obere Plattensystem wird von einer 6 *mm* dicken Platte *A* von 30 *cm* Durchmesser getragen. Letztere ist, durch Hartgummibuchsen isoliert, mittels Messingklötzen *K* an drei Stahlsäulen *S* befestigt. Durch Regulierschrauben *R*, die durch die Tragepiatte hindurchgehen, können die obere Platte und der Schutzring justiert werden.

Die untere Platte *Q* des Kondensators ruht mit drei Ebonitklötzen *E* auf einem umgekehrten Dreifuß *D*; mittels dreier Schrauben in den Armen des Dreifußes kann sie dem oberen Plattensystem parallel justiert werden. Der Dreifuß ist an einer Stahlstange *C* von 1,5 *cm* Durchmesser befestigt; letztere kann durch eine Mikrometerschraube in der Höhe verstellt werden.

Digitized by Google

Die Höhe der unteren Platte wird mit einem Mikroskop M an einer feinen Skale abgelesen. Es wurde nicht direkt der Abstand der Platten gemessen, sondern derart verfahren, daß die Kapazität für zwei Lagen der unteren Platte elektromagnetisch bestimmt wurde, während dazu die *Veränderung* des Abstandes genau gemessen wurde. Die Durchmesser der Kondensatorplatten betrugen rund 20 *cm*.

Die Messung der Kapazitäten in elektromagnetischen Einheiten erfolgte nach der bekannten Methode von Maxwell-Thomson. Um bei den Kondensatoren mit Schutzring den letzteren stets auf dasselbe Potential zu bringen wie die entsprechende Kondensatorplatte, wurde die Verzweigung zweimal in der durch Fig. 4 leicht verständlichen Weise aufgebaut. Infolgedessen mußte der bereits früher beschriebene rotierende Unterbrecher (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 35. 1906*) etwas verändert werden. In den Rand einer Hartgummischeibe sind 16 Kontaktstücke $S_1, S_2 \ldots$ aus Phosphorbronze eingelassen (Fig. 5); jedes Kontaktstück ist mit einem Segment $T_1, T_2 \ldots$ verbunden; die 16 Segmente sind voneinander isoliert und bilden einen in die Scheibe eingelassenen Ring.

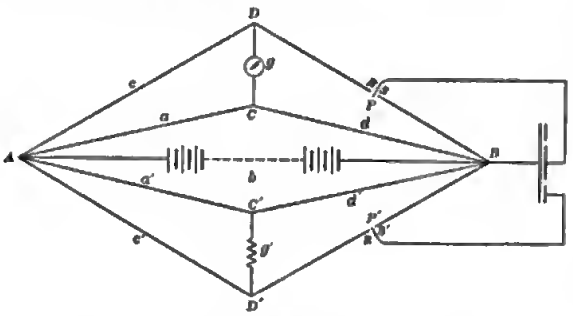


Fig. 4.

$a = a'$, $c = c'$, $d = d'$, b' } Widerstände. $P R S$, $P' R' S'$ } Bürsten des Unterbrechers.

Auf jeder Seite der Scheibe sind je drei Bürsten B_1 bis B_6 angeordnet, die, um das Springen derselben beim Laufen der Scheibe nach Möglichkeit zu verhüten, durch Druckschrauben an die Kontaktstücke gepreßt werden. Bürste B_3 ist mit P (Fig. 4), B_1 und B_2 sind mit R und S verbunden; die drei Bürsten auf der andern Seite sind entsprechend geschaltet.

Außer dieser Methode wurde eine Differentialgalvanometer-Methode angewandt. Eine Akkumulatorenbatterie b (Fig. 6) schickt einen Gleichstrom in die eine Wicklung g_1 eines Differentialgalvanometers. Durch die andere g_2

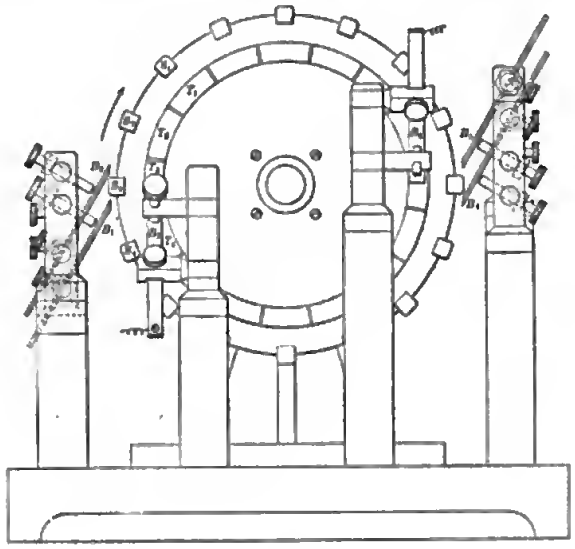


Fig. 5.

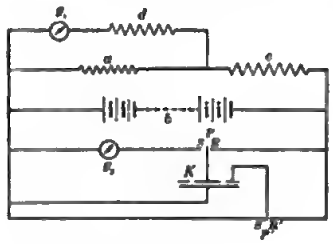


Fig. 6.

$P R S$, $P' R' S'$ } Bürsten des Unterbrechers.
$g_1 g_2$ Spulen des Differentialgalvanometers.

wird intermittierend der zu messende Kondensator entladen. Die Fig. 6 zeigt, wie auch hier in einfacher Weise dafür gesorgt ist, daß der Schutzring stets das richtige Potential erhält. Der Gleichstrom wird so reguliert, daß der Galvanometerausschlag verschwindet. Bei der in der Fig. 6 dargestellten Schaltung wird der Entladestrom des Kondensators benutzt; es ist leicht zu sehen, wie die Schaltung geändert werden muß, wenn man den Ladestrom brauchen will. Als Galvanometer wurden nur d'Arsonval-Galvanometer verwendet.

Digitized by Google

Die Zeitmessung wurde durch einen besonders konstruierten Chronographen bewerkstelligt. Auf der Welle des rotierenden Unterbrechers sitzt eine Schnecke W_1 (Fig. 7), welche ein Zahnrad antreibt; die Drehung der zugehörigen Achse wird durch Kegelräder B auf eine biegsame Welle $L\,L$ übertragen, welche ihrerseits eine Trommel D antreibt; das Übersetzungsverhältnis der Tourenzahlen von Unterbrecher und Trommel beträgt 250:1, d. h. bei einer minutlichen Tourenzahl 1500 des Unterbrechers macht die Trommel eine Umdrehung in 10 Sekunden. Durch eine geeignete Zahnradübersetzung wird nun der Schlitten C längs der Spindel S fortbewegt. M ist ein kleiner Elektromagnet, der durch eine Sekundenuhr jede Sekunde einen Stromstoß erhält. Dadurch wird ein Stift gegen ein Farbband $P_1\,P_2$ gedrückt und schreibt auf die Trommel D einen Punkt. Bei der Tourenzahl 1500 würden also 6 Punktreihen parallel zur Zylinderachse aufgezeichnet werden. Weicht die Tourenzahl nur um wenig von 1500 ab, so erhalten die Punktreihen eine Neigung gegen die Erzeugende der Zylinderfläche; aus der meßbaren Größe der Neigung kann man die Abweichung von der

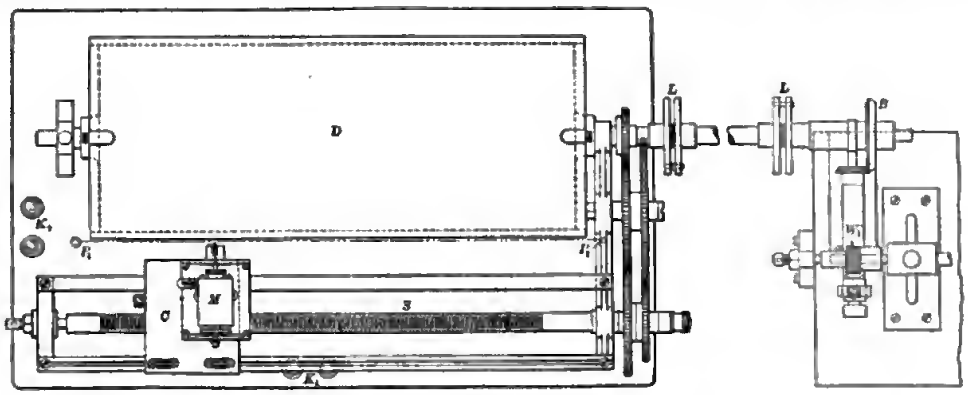


Fig. 7.

Tourenzahl berechnen. Ist die Tourenzahl konstant, so kann man sie auf diese Weise bis auf $^1/_{100000}$ genau messen. Die geringste Unregelmäßigkeit in der Tourenzahl tritt sofort zutage.

Auf die Behandlung der Fehlerquellen in theoretischer und praktischer Hinsicht kann hier nicht näher eingegangen werden. Von den Resultaten sind die an dem Plattenkondensator erhaltenen weniger zufriedenstellend und auch weniger begründet, als die an dem Kugel- und dem Zylinderkondensator.

Es wurde gefunden

	v_0
mit Kugelkondensator, Kugel A	$2{,}99621 \cdot 10^{10}$ cm/Sek.
„ „ „ B	$2{,}99637 \cdot 10^{10}$ „
„ „ „ B (zweite Bestimmung)	$2{,}99659 \cdot 10^{10}$ „
„ Zylinderkondensator	$2{,}99624 \cdot 10^{10}$ „ .

Als endgültiges Resultat wird angegeben

$$v_0 = 2{,}9963 \cdot 10^{10}\ cm/\text{Sek.}$$

Dieser für Luftkondensatoren gültige Wert wird, auf den leeren Raum reduziert, zu

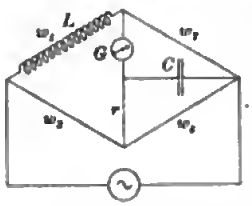
$$v_0 = 2{,}9971 \cdot 10^{10}\ cm/\text{Sek.} \qquad E.\ O.$$

Verteilte Kapazität in Widerstandskästen.

Von A. H. Taylor und E. H. Williams. *Phys. Rev.* **26**. *S. 417. 1908.*

Für genaue Wechselstrommessungen kann die verteilte Kapazität der gewöhnlichen, induktionslos gewickelten Spulen von Widerstandskästen eine wohl zu beachtende Fehlerquelle bilden, auf die schon von verschiedenen Seiten aufmerksam gemacht ist; ziffernmäßige

Angaben über die Größe dieser Kapazität finden sich jedoch in der Literatur nur sehr vereinzelt. Taylor und Williams haben die Kapazität einer größeren Zahl von Widerständen gemessen. Sie benutzen dazu die Andersonsche Brückenschaltung, die neuerdings von Rosa und Grover für genaue Induktanzmessungen angewendet ist (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 264. 1906*), indem sie die auf ihre Kapazität zu prüfende Spule in den Zweig w_4 (vgl. die Figur) einschalten und dann durch eine „ideale", d. h. völlig selbstinduktions- und kapazitätsfreie Spule von gleichem Widerstandsbetrage ersetzen. Aus der Differenz der in den beiden Fällen zur Abgleichung der Brücke erforderlichen Widerstandsbeträge r läßt sich nach einer von Rosa und Grover abgeleiteten Formel (*Bull. Bureau of Standards* **1.** *S. 306. 1905*) die gesuchte Kapazität berechnen. Als Nullinstrument diente ein von Taylor konstruiertes Drehspulengalvanometer für Wechselstrom (*Phys. Rev.* **25.** *S. 61. 1907*; über eine sehr ähnliche Konstruktion vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 350. 1906*).



„Ideale" Widerstände stellen sich die Verf. her durch gleichzeitiges Aufwinden zweier, miteinander verdrillter und an ihrem einen Ende verlöteter Drähte auf eine Holzrolle von 12 *cm* Durchmesser und 18 *cm* Höhe; dabei ist zwischen je zwei aufeinander folgenden Windungen ein Zwischenraum von 5 *mm* gelassen. Um ein Urteil über die Größe ihrer Kapazität zu gewinnen, wurde eine solche Spule in ein Medium von größerer Dielektrizitätskonstante als Luft, nämlich in Petroleum, getaucht und gegen eine zweite, genau gleiche, aber in Luft befindliche Spule im Zweige w_4 der abgeglichenen Andersonschen Brücke ausgewechselt. Die Brückeneinstellung blieb ungeändert. Die Verfasser glauben daher ihre Spulen als hinreichend kapazitätsfrei, ebenso auch als selbstinduktionsfrei betrachten zu können.

Untersucht wurden hauptsächlich Präzisionswiderstände von O. Wolff in Berlin, und zwar 6 Spulen zu je 500 Ohm, 10 Spulen zu je 1000 Ohm und 3 Spulen zu je 2000 Ohm. Für alle Spulen vom gleichen Widerstandsbetrage ergaben sich annähernd die gleichen Kapazitätswerte:

für die	500 Ohm-Spulen	0,00016	bis	0,000216	Mikrofarad
„ „	1000 „ „	0,000485	„	0,00059	„
„ „	2000 „ „	0,000409	„	0,000630	„

Außerdem wurde zur Kontrolle die Kapazität zweier in Reihe oder parallel geschalteter Spulen von gleichem Widerstande bestimmt. Im ersten Falle ergab sich die halbe, im zweiten die doppelte Kapazität der einzelnen Spule. Um die Kapazität möglichst herabzudrücken, ist es also zweckmäßig, größere Widerstände durch Hintereinanderschalten kleinerer Einheiten zusammenzusetzen.

Der größte Teil der Messungen wurde mit Wechselstrom von 60 Perioden ausgeführt. Bei höherer Frequenz, 114 Perioden, ergaben sich durchweg kleinere Kapazitätswerte. Diese Differenz bedarf noch der Aufklärung.

Zum Vergleich sind endlich einige auf Holzkerne gewickelte 1000 Ohm-Widerstände von Leeds & Northrup untersucht. Für diese ergab sich eine etwa 8-mal kleinere Kapazität, 0,000070 bis 0,000077 Mikrofarad, als für die Wolffschen Spulen von gleichem Widerstande. Dies Resultat findet seine Erklärung der Hauptsache nach darin, daß die Wolffschen Spulen für *höhere Strombelastung berechnet* und daher aus dickerem, also längerem Draht gewickelt sind. Ferner trägt das Metallrohr, auf das die Wolffschen Spulen der leichteren Wärmeabgabe wegen gewickelt sind, ebenfalls zu einer Vergrößerung der Kapazität bei. In gleichem Sinne wirkt der Schellacküberzug, wobei nach Meinung der Verf., wenn die Spulen nicht sorgfältig getrocknet werden, elektrolytische Vorgänge eine Rolle spielen.

Über die jedenfalls kleinere Kapazität nach Chaperon gewickelter Widerstände, wie sie O. Wolff seit einer Reihe von Jahren in allen Widerstandskästen für die Spulen von 1000 Ohm aufwärts verwendet, sind keine Untersuchungen angestellt.

Die Verwendnng ven Wicklnngskernen aus Holz, die Leeds & Nertbrup und die Verf. zur Verringerung der Kspazität benutzen, ist für Präzisienswiderstände nach den Erfabrungen der Reichsanstalt (vgl. *diese Zeitschr. 28. S. 231. 1908*) im Interesse der zeitlichen Konstanz der Widerstände nicht zn empfehlen, falls man sie nicht paraffiniert, wednrch aber der Temperaturausgleich mit der Umgebnng wieder verschlechtert wird. *Gb.*

Bücherbesprechungen.

Neue Preisliste der Wetzlarer Optischen Werke M. Hensoldt & Söhne G. m. b. H. in Wetzlar.

Spezial-Liste für Hensoldt-Optik zu Instrumenten für Astronemie und Physik. 8°. 12 S. m. 9 Fig. 1908.

Das neue Preisverzeichnis der Firma Henseldt & Söbne bringt neben der Anzeige von astronemischen Objektiven his zu 488 *mm* Öffnung und den bewährten Okularen und Ablesemikroskepen eine beachtenswerte Neukenstruktion. Es ist der Firma gelnngen, ein neues, das Bild vollständig umkehrendes Prisma zu kenstrnieren, welches einige Verzüge gegenüber den in den letzten Jahren vielfach angewandten Systemen ven Umkebrprismen besitzt. In dem Prismenkörper, der die aus der Figur ersichtliche Form bat, findet eine viermalige Totalreflexien statt. Der in der Figur dnnkel schraffierte Teil des Prismas ist dachförmig zugespitzt, und der durch D.R.P. geschütate Körper hat deshalb die Bezeichnung „Dachprisma“ erhalten.

Das Dachprisma bietet gegenüber den Porroschen Umkehrprismen den wesentlichen Vorteil, daß die Reflexionen unter spitzen Winkeln stattfinden, die weit vom Grenzwinkel der Totalreflexien entfernt sind. Ferner bewirkt es keine Parallelverschiebung des Achsenstrahls, sodaß ein mit einem solchen Prisma ausgerüstetes Fernrohr sich in seiner äußeren Form nicht ven einem astronomischen, ein nmgekehrtes Bild liefernden Instrumente unterscheidet. Das Prisma wird nahe hinter dem Okular angebracht, nnd das scheinbare Gesichtsfeld kann bis zn 50° gesteigert werden. Allerdings setzt die Anwendung dieses Systems eine sehr hehe technische Vellendung verans; der Winkel des „Daches“ muß, wenn nicht Doppelhilder entstehen sollen, his auf wenige Seknnden genau ein rechter sein. *J. H.*

J. Kozák, Grundprobleme der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. II. Bd. 1. Tl. Theorie des Schießwesens auf Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Fehlertheorie. 1. Tl. Lex. 8°. XXI, 400 u. XVI S. m. 36 Fig. Wien und Leipzig, C. Fremme 1908. 16 M.

Dem angezeigten ersten Bande (*diese Zeitschr. 27. S. 235. 1907*) folgt hier aunächst der I. Teil des zweiten Bandes. Die Rücksicht auf seinen Leserkreis nnd kundgegebene Wünsche haben den Verf. bewogen, in seine Darstellnng auch eine Anaahl mehr mathematischer Entwicklungen mit aufzunehmen, die ursprünglich gar nicht oder nnr kürzer und in anderem Zusammenhang zu behandeln beabsichtigt war, wie die Grnndlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnnng, das Bernoullische Theorem, die Wahrscheinlichkeit anf Grundlage der Erfahrnng. Alle diese Gegenstände würden an sich in den ersten Band gehören, doch hat auch ihre Aufnahme in den zweiten Verteile, wenngleich einzelne Wiederhelungen nicht zu vermeiden waren. Der I., II. nnd III. Abschnitt des vorliegenden Halbbandes sind so ganz allgemeiner Natur, selbst ohne daß die Beispiele sich anf das spezielle Thema des Verfassers, die Ballistik, beziehen würden; erst im IV. Abschnitt, Interpolatiensmethoden, denen ebenfalls breiter Raum gegeben ist, kehren einige Anwendungen (Nr. 16, 17, 18, 28) znm Schießwesen zurück. Bei der Anwendnng der Einschaltung auf die Berechnung ven Tabellen wird z. T. etwas zu

wenig exakt zu Werk gegangen; z. B. wäre in dem 2. Beispiel, *S. 135*, doch erst nachzusehen, ob wirklich $\Delta^3 u$ als konstant angesehen werden darf (es ist $\Delta^3 u_0 = +10$ Einh. der 5. Dezimalen, und das Glied $\binom{0,75}{3} \cdot 10$ beträgt $+0{,}39$ Einh. der 5. Dez., darf demnach nicht ohne weiteres fallen gelassen werden. (Bei der Rechnung der kleineren Glieder bei der direkten und umgekehrten Interpolation wäre auch die Bemerkung angezeigt, daß die Verwendung des logarithmischen Rechenschiebers fast unentbehrlich ist, ebenso bei der Aufstellung von empirischen Formeln nach der Methode der kleinsten Quadrate, wobei nur gute Näherungswerte einzuführen sind.) Die Abschnitte V und VI sind ganz schießtechnisch, VII aber behandelt wieder allgemein die „empirischen Fehlergesetze", die Gaußsche Fehlerwahrscheinlichkeitsfunktion und verschiedene andere Fehlerwahrscheinlichkeits-Kurven (je mit Bestimmung des „50 prozentigen" oder „wahrscheinlichen", des durchschnittlichen und des mittleren Fehlers); das Moivresche Problem nebst speziellen Fällen, sodann figurierte Zahlenreihen, endlich die Ableitung von Fehlergesetzen bei Annahme einer endlichen Anzahl (1, 2, 3, 4 und mehr) voneinander nicht abhängiger Elementarursachen. Der Anhang enthält einige Tabellen (Tab. I und II Werte der Funktion $\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int e^{-t^2} dt$ je mit 0 als unterer Grenze des Integrals, während die obere das eine Mal $a \cdot h$, das andere Mal $\varrho \cdot a/r$ ist; Tab. III, IV, V geben die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten eines Fehlers zwischen den Grenzen 0 und dem k-fachen wahrscheinlichen mittleren, durchschnittlichen Fehler, u. s. f.).

Das Werk wird bei seiner klaren, ausführlichen Schreibweise und bei den geringen Voraussetzungen über die mathematische Vorbildung des Lesers den Ballistikern eine willkommene, weil vor allem auch sehr vollständige Darstellung der Anwendung der Wahrscheinlichkeitslehre und der Fehlertheorie und verwandter mathematischer Lehren auf die Schießtechnik bieten. Aber auch weitere Kreise seien auf das anregende Buch von Oberst Kozák aufmerksam gemacht. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Handbuch der Physik. 2. Aufl. Hrsg. v. Prof. Dr. A. Winkelmann. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.
1. Bd. 2. Hälfte. Allgemeine Physik. XII u. S. 545—1560 m. 302 Abbildgn. 1908. 33 M.
— Der I. Bd. vollständig: 50 M.; in 2 Halbleinw.-Bdn. 54 M.

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw., jedes Bdchn. 0,80 M.
31. H. Schubert, Vierstellige Tafeln u. Gegentafeln f. logarithmisches u. trigonometrisches Rechnen. In 2 Farben zusammengestellt. 3., verb. Aufl. 128 S. 1908. — 88. F. Junker, Höhere Analysis. 2. Tl. Integralrechnung. 3., verb. Aufl. 190 S. m. 86 Fig. im Text. 1908. — 196. J. Herrmann, Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik. 1. Tl. Die physikal. Grundlagen. 2., verb. Aufl. 107 S. m. 42 Fig. u. 10 Taf. 1908.

Südpolar-Expedition, Deutsche. 1901—1903. Im Auftrage des Reichsamtes des Innern hrsg. von Erich v. Drygalski. 35,5×27 *cm*. Berlin, G. Reimer.
VI. Bd. Erdmagnetismus. 2. Bd. 2. Heft: K. Luyken, Die absoluten erdmagnetischen Beobachtungen der Kerguelen-Station. S. 75—187 mit Taf. VI—XII u. 5 Abbildgn. im Text. 1908. Subskr.-Pr. 16,40 M; Einzelpr. 20 M.

T. Th. Baker, *The Spectroscope, its uses in general analytical Chemistry. An intermediate Text-Book for Practical Chemists.* 8°. VIII, 130 S. m. 63 Fig. u. 1 Taf. London, Baillière, Tindall & Cox 1907.

H. Bouasse, *Cours de Physique. 4 Fascicules. Fascic. 3: Electricité et magnétisme.* gr. 8°. Mit Fig. Paris 1908. 10 M.
Fascic. 1 et 2: 250 u. 262 S. m. 144 Fig. 1907. 11,50 M.

E. H. Barton, *Textbook of Sound.* 8°. 704 S. m. Fig. London 1908. Geb. in Leinw. 10,40 M.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Digitized by Google

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Prof. Dr. R. Straubel.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **November 1908.** Elftes Heft.

Über die Ausmessung stereophotogrammetrischer Küstenaufnahmen vom Schiff aus.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

Die hauptsächlich für die Zwecke der Küstenvermessung vom Schiff aus bestimmten Stand-Phototheodolite und den Gebrauch dieser Apparate an Bord eines Schiffes habe ich vor kurzem in dieser Zeitschrift[1]) ausführlich beschrieben. Ich werde jetzt diejenigen Gesichtspunkte erörtern, nach denen die Ausmessung der Platten auf dem Stereo-Komparator zu erfolgen hat.

Wie ich in dem genannten Aufsatze gezeigt habe, ist es infolge der getroffenen Anordnung leicht, die Apparate in wenigen Augenblicken *während der Fahrt* so zueinander zu justieren, daß die Grundbedingung für stereophotogrammetrische Aufnahmen, *daß nämlich die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene liegen, und daß die Verbindungslinie der Lochmarken im Anlegerahmen des einen Apparates genau parallel gerichtet sei zu der Verbindungslinie der Lochmarken des anderen Apparates*, mehr als ausreichend erfüllt ist[2]). Ich sage mehr als ausreichend, weil hier die Verbindungslinie der beiden Standorte auf der Verbindungslinie der beiden Lochmarken senkrecht steht, was bekanntlich bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen auf dem Lande nur sehr selten der Fall ist. Aus dem Grunde hat es auch gar keine Bedenken, auf Grund der gemessenen Standlinie B und der gegebenen Brennweite f sofort mit der Ausmessung der Platten auf dem Stereo-Komparator (Bestimmung der Parallaxe a, der Abszisse x und der Ordinate y) zu beginnen. Man hat hierbei nur die beiden Platten so aufzulegen und zu justieren, wie man es bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen auf

[1]) *Diese Zeitschr.* **28.** *S. 72. 1908.*

[2]) Ist die Standlinie kleiner als 10 *m*, wie z. B. auf dem Schiff bei Wellenaufnahmen, so genügt die beiderseitige Einstellung des im Fernrohr befindlichen Vertikalstriches, bezw. des Doppelstriches bei den neueren Apparaten, auf die durch den Stift markierte Drehungsachse des gegenüberliegenden Apparates noch nicht, um die Platten mit der verlangten Genauigkeit in eine Ebene zu bringen. In solchen Fällen stellt man zunächst jeden der beiden Apparate in der bisherigen Weise so genau als möglich ein und bewirkt dann die letzte Feineinstellung dadurch, daß man *von einem der beiden Apparate aus* — der andere Apparat kann unverändert stehen bleiben — *den Vertikalstrich im Fernrohr mit dem Vertikalstrich im Fernrohr der gegenüberliegenden Station zur Deckung bringt.*

Notwendig ist hierbei nur, was besonders bei Aufnahmen auf dem festen Lande zu beachten ist, daß die Apparate bei ihrer Aufstellung in genau der gleichen Höhe sich befinden, weil sonst von dem Strichkreuz des gegenüberliegenden Fernrohres nichts oder nur sehr wenig zu sehen ist. Man beleuchtet das Fadenkreuz des gegenüberliegenden Fernrohres durch Tageslicht mit Hülfe eines schräg vor das Okular gehaltenen Spiegels oder durch eine Glühlampe und stellt beide Fernrohre auf Unendlich ein.

Digitized by Google

dem festen Lande tut, also so, daß die Verbindungslinie der beiden Lochmarken genau parallel zur Schlittenführung des Stereo-Mikroskops verläuft (siehe Fig. 1). Die durch Konstruktion oder durch Rechnung ermittelten Raum-Koordinaten

$$E = \frac{B}{a} f, \quad X = \frac{B}{a} x, \quad Y = \frac{B}{a} y$$

des gemessenen Punktes P sind dann nichts mehr und nichts weniger als der Abstand der durch den Punkt P parallel zur Plattenebene gelegten Ebene vom Aufnahmeobjektiv bezw. die Seitenabweichungen des Punktes P in dieser Ebene von der optischen Achse senkrecht und parallel zur Verbindungslinie der beiden Lochmarken bezw. parallel und senkrecht zur Standlinie.

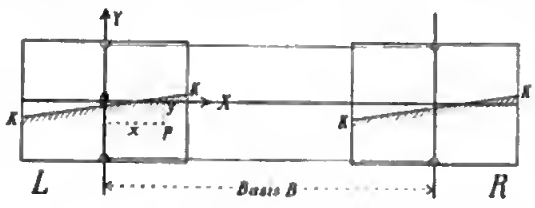


Fig. 1.
Ausrichten der beiden Platten L und R nach der Basis B ohne Rücksicht auf die Lage des Meereshorizontes $K\,K$.

Nun aber steht bei Aufnahmen auf dem festen Lande, wo das Ausrichten der Kamera stets mit Hülfe einer Libelle geschieht, die Verbindungslinie der beiden Lochmarken immer genau senkrecht, und daher sind die optische Achse des Objektivs und der sogenannte Plattenhorizont immer genau horizontal gerichtet. Die Raum-Koordinaten E, X und Y haben also hier gleich von Anfang an die richtige Lage zum Plan, und es kann sofort mit dem Aufzeichnen des Situationsplanes (XZ-Ebene) und dem Eintragen der Höhen Y und der Höhenkurven begonnen werden.

Auf dem Schiff geht das nicht sofort, denn hier liegt die optische Achse niemals vollkommen horizontal und ebensowenig die Verbindungslinie der beiden Lochmarken vertikal. Wir müssen also vorher die im Moment der Aufnahme vorhandenen Abweichungen zu ermitteln suchen und dann zusehen, wie sich die Werte des einen Koordinaten-Systems am bequemsten in die des anderen überführen lassen. *Hierzu ist, wie wir im folgenden sehen werden, nur eine Drehung des Koordinaten-Systems um zwei Achsen erforderlich, und zwar*

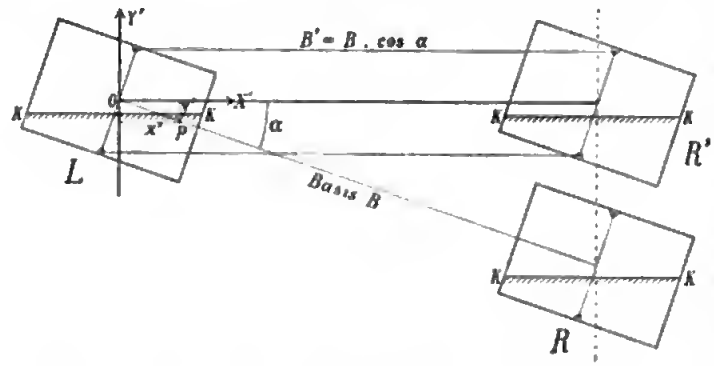


Fig. 2.
Ausrichten der Platten nach dem in der Plattenebene gelegenen Horizont $K\,K$.

erfolgt die erste Drehung um die optische Achse der Kamera durch Einstellung der Platten auf dem Stereo-Komparator und die zweite Drehung um den Plattenhorizont auf dem Zeichenbrett.

Die *erste* Drehung ist bewirkt, wenn wir die Platten auf dem Stereo-Komparator so einstellen (Fig. 2), *daß der Meereshorizont der horizontalen Schlittenführung des Stereo-Komparators genau parallel gerichtet ist*, wobei als letztes Kriterium für die richtige Einstellung der beiden Platten *zueinander* — durch Feindrehung einer der beiden Platten zu bewirken — die Einstellung auf gleiche Entfernung des Raumbildes der oberen Lochmarken mit dem Raumbilde der unteren Lochmarken dient.

Ist die Kimm auf den Platten abgebildet, so ist die Einstellung der Platten sofort gegeben. Aber in der Mehrzahl der Fälle ist die Kimm durch die Küste

verdeckt, und es bleiben uns zur Ermittelung des Meereshorizontes nur die Meeresoberfläche und die Küstenlinie. Wie in solchen Fällen der Meereshorizont abgeleitet wird, soll weiter unten gezeigt werden; einstweilen möge der Hinweis genügen, daß dem Ausrichten der Platten nach dem Meereshorizont theoretisch und praktisch keinerlei Bedenken entgegenstehen.

Der Winkel α, den der auf der Platte abgebildete Meereshorizont mit der auf der Verbindungslinie der beiden Lochmarken senkrecht stehenden Standlinie bildet, ist identisch mit dem Winkel, den die Standlinie mit der in der Plattenebene gelegenen Horizontalen macht. Demzufolge können wir die auf dem Stereo-Komparator liegenden Platten L und R' (Fig. 2) jetzt so ansehen, *als wären sie mit zwei genau in gleicher Höhe aufgestellten Phototheodoliten aufgenommen*, deren Abstand voneinander aber nicht B, sondern $B' = B \cdot \cos\alpha$ beträgt, und der einzige Unterschied zwischen unseren Aufnahmen vom Schiff aus und den Stereo-Aufnahmen auf dem Lande ist der, daß die optische Achse nicht wie dort horizontal gelegen ist. Im übrigen haben wir hier genau die gleichen Verhältnisse wie dort (vgl. Fig. 3), denn die Justierung der Platten auf dem Stereo-Komparator geschieht in beiden Fällen ganz ohne Rücksicht auf den Höhenunterschied der beiden Stationen, nur nach dem Plattenhorizont.

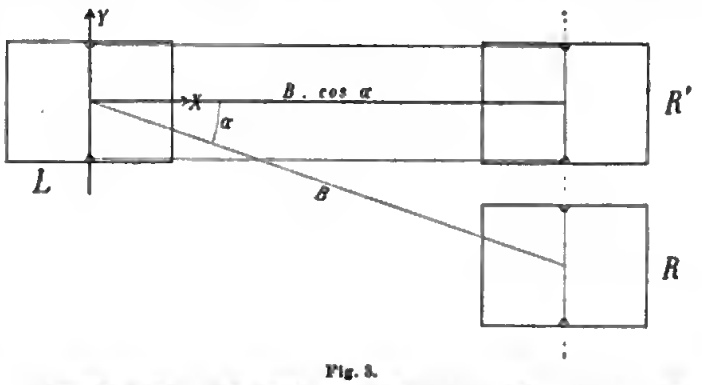


Fig. 3.
Das bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen auf dem festen Lande angewandte Verfahren: Die bei der Aufnahme in verschiedener Höhe gelegenen Platten L und R werden auf dem Stereo-Komparator nach dem Plattenhorizont ausgerichtet.

Um zu sehen, bis zu welchem Betrage von α man ohne Bedenken an Stelle der modifizierten Standlinie B' den gegebenen Wert B setzen kann, wollen wir uns vergegenwärtigen, daß es im allgemeinen genügt, die Standlinie B und damit zugleich die Entfernungen auf $^1/_{1000}$ ihres Wertes genau zu messen[1]). Ist also die durch α hervorgerufene Modifikation der Basis kleiner als $^1/_{1000}$ ihres Betrages, so kann sie ganz unberücksichtigt bleiben; wie eine kleine Rechnung ergibt, ist dies überall der Fall, wo die Neigung der Standlinie zur Horizontalen den Betrag von $2^0\,36'$ nicht überschreitet. Dieser Winkelwert bedeutet für eine Basislänge von beispielsweise 50 m einen Höhenunterschied der beiden Stationen im Betrage von rund $2^1/_4$ m; also einen Betrag, wie er nur bei relativ stark bewegter See vorkommt. Man sieht daher, daß in fast allen Fällen bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen vom Schiff aus die gemessene Standlinie B unverändert und ohne jede Rücksicht auf den Winkel α in Rechnung gesetzt werden kann.

Wir kommen jetzt zu dem *zweiten Teile* unserer Aufgabe, der Frage, wie sich die Neigung β der optischen Achse zur Horizontalen ermitteln läßt. Wir erinnern uns hierbei der durch die Konstruktion der Stand-Phototheodolite gegebenen Tat-

[1]) Die *Messung der Standlinie* an Bord eines Schiffes geschieht zweckmäßig mit Hülfe eines Invardrahtes oder durch photographische Aufnahme einer auf der gegenüberliegenden Station im Abstand der Standlinie von dem photographischen Objektiv aufgestellten und senkrecht zur Standlinie gerichteten Meßlatte, die Endmarken in etwa 3 m Abstand voneinander, und durch Ausmessung der Bildgröße mit Hülfe der Parallaxenschraube ($\pm$ 0,01 mm) auf dem Stereo-Komparator.

sache, daß bei allen Stand-Phototheodoliten mit feststehendem Objektiv die Verbindungslinie der beiden Lochmarken von der optischen Achse des Objektivs genau in ihrer Mitte o getroffen wird. Über das *Vorzeichen* des Winkels β entscheidet somit ohne weiteres die Beobachtung, ob die Mitte o zwischen den beiden Lochmarken in Luft oder in Wasser gelegen ist.

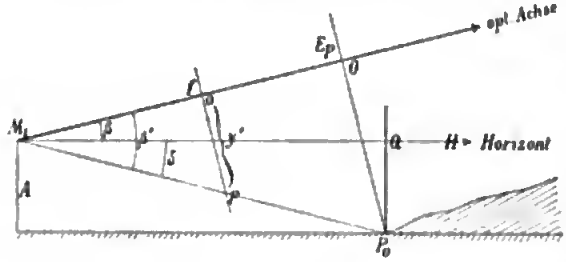


Fig. 4.

$\beta = \pm\beta' - \delta$

Die Ebene der Zeichnung ist die durch die optische Achse gelegte Vertikalebene, auf die der außerhalb dieser Ebene gelegene Punkt P in P_0 projiziert erscheint.

Um auch die *Größe* des Winkels β zu ermitteln, messen wir im Stereo-Komparator an dem nach Fig. 2 justierten Plattenpaar L und R' irgendeinen auf dem Meere oder am Strande gelegenen Punkt P der Meeresoberfläche, in Fig. 4 dargestellt durch den Projektionspunkt P_0 von P auf die durch die optische Achse M_1O gelegte Vertikalebene. Wir bestimmen also die Parallaxe a' und die Höhenabweichung y' des Bildpunktes auf der Platte von der durch o gehenden Horizontalen. Wir erhalten dann zunächst aus

$$\operatorname{tg}\beta' = \frac{y'}{f}$$

den mit dem gesuchten Winkel β sehr nahe übereinstimmenden Winkel β' und aus der gemessenen Entfernung

$$M_1O = \frac{B'}{a'} f$$

und der gegebenen Höhe A des Standortes über Wasser die Abweichung des Winkels β' von β zu

$$\delta = \frac{A}{M_1 P_0}, \text{ wo } M_1 P_0 = \frac{M_1O}{\cos\beta'}.$$

Endlich ist

$$\beta = \pm\beta' - \delta,$$

wobei das Vorzeichen von β' + oder − genommen wird, je nachdem die Mitte o zwischen den beiden Lochmarken *über* oder *unter* dem Punkt P gelegen ist.

Wie man sieht, reicht zur Ermittelung des Winkels β *ein* Punkt auf der Meeresoberfläche oder am Strande vollständig aus, und ein zweiter Punkt braucht nur zum Zwecke der Kontrolle benutzt zu werden.

In gleicher Weise läßt sich auch der horizontale Abstand der durch P und P_0 gelegten Vertikalebene vom Punkte M_1 durch Rechnung ermitteln, und wir erhalten

$$M_1Q = M_1 P_0 \cos\delta = M_1O \frac{\cos\delta}{\cos\beta'} = \frac{B'}{a'} f \frac{\cos\delta}{\cos\beta'}.$$

Statt dessen wählen wir für die weitere Behandlung unserer Aufgabe das *graphische Verfahren*. Wir legen zu dem Ende den gemessenen Winkel β nach Größe und Vorzeichen an die Horizontale M_1H (Fig. 5) an und ziehen parallel zu dem zweiten Schenkel des Winkels β, d. h. also parallel zur optischen Achse und in einem Abstand von ihr gleich der 10-fachen Basis — etwa im Maßstab 1:10000 — eine Gerade NN und konstruieren dann genau so, wie ich früher in *dieser Zeitschr. 23. S. 317. 1903* beschrieben habe, mit Hülfe der gemessenen Parallaxe a' bezw. $10\,a'$ die durch den Punkt P gehende Ebene gleicher Parallaxe bezw. die Projektion dieser Ebene auf die durch die optische Achse gelegte Vertikalebene. Der Unterschied zwischen der

Digitized by Google

Fig. 5 und der früheren Konstruktionszeichnung (*a. a. O. S. 328*) besteht nur darin, daß bei der früheren Zeichnung die Ebene der Zeichnung mit dem Situationsplan zusammenfällt, hier aber die Konstruktionszeichnung in die durch die optische Achse gelegte Profilebene gelegt ist, und für den Situationsplan eine besondere, in Fig. 5 unten angegebene Konstruktionszeichnung erforderlich ist.

Dementsprechend fahren wir in der Konstruktion nicht, wie früher, fort mit dem Eintragen der x-Koordinate, sondern lassen diese zunächst ganz unberücksichtigt und bestimmen aus y' in bekannter Weise die Lage des Projektionspunktes P_0 von P in der Profilebene. Wir projizieren dann den Punkt P_0 auf die Horizontale und ziehen im Situationsplan (unten in Fig. 5) die senkrecht zu $M_1 P_0$ gelegene Gerade GG, auf der dann der Punkt P liegen muß. Um auch seinen Ort zu bekommen, ermitteln wir durch Konstruktion in der oberen Figur aus x' den Abstand X' und tragen diese Strecke im Situationsplan auf der Geraden GG von P_0 aus ab. Die Höhe endlich des Punktes P über der Meeresoberfläche entnehmen wir der Profilzeichnung. Gehört der Punkt P der Meeresoberfläche an, so muß natürlich der Abstand des Punktes P_0 von der Horizontalen $M_1 H$ in Übereinstimmung mit der Höhe A des Apparates über Wasser gefunden werden[1]).

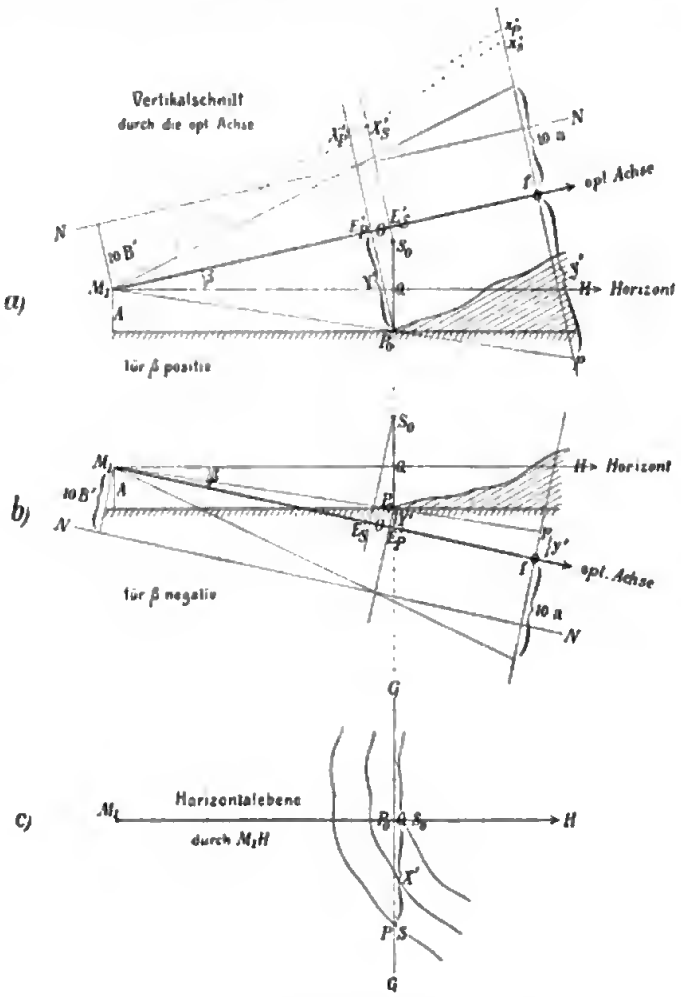


Fig. 5.
Konstruktion des Planes bei geneigter Lage der optischen Achse zum Horizont: a) gibt den Vertikalschnitt durch die optische Achse für ein positives β, b) für ein negatives β; $P_0 S_0$ ist die Projektion eines außerhalb dieser Ebene gelegenen, an der Küste befindlichen Vertikalstabes PS; c) bezeichnet die Horizontalebene durch $M_1 H$ mit dem Situationsplan der aufgenommenen Küste.

[1]) Ich möchte hier eine Bemerkung einschalten, die nicht allein für die Küstenvermessneg, soedern auch für stereo-photogrammetrische Arbeiten auf dem festen Lande der Beachtueg wert ist. In Ländern nämlich, in denen das Metermaß nicht oder noch nicht eingeführt ist, empfiehlt es sich bei der Konstruktion des Planes, als Längeneinheit für die Brennweite f und für die am Stereo-Komparator abgelesenen Werte a, x und y das Millimeter stets beizubehalten und *nur die Basis B* (bezw. $10\,B$) *in der gewünschten neuen Einheit* (z. B. Yards in England oder Saschen in Rußland) und in dem gewählten Maßstabe der Verkleinerung, z. B. 1 : 10000, aufzutragen. Die Konstruktion des Planes ergibt dann ohne weiteres die Werte E, N und Y in Einheiten des neuen Maßstabes.

Es ist selbstverständlich, daß im Stereo-Komparator sich die schiefe Lage der optischen Achse zur Horizontalen auch im Anblick der angeschauten Objekte bemerkbar machen muß. Insonderheit wird eine an Land befindliche vertikale Stange, z. B. *PS* in Fig. 5, oder ein Turm nicht immer senkrecht erscheinen; vielmehr wird das obere Ende mehr oder weniger und je nach dem Vorzeichen von β nach vorn oder nach hinten überhängen. Wir werden also für das obere und für das untere Ende der Stange in der Regel zwei verschiedene Parallaxen und dementsprechend auch zwei verschiedene Entfernungen E'_P und E'_S, aber stets die gleiche Entfernung M_1Q erhalten. Ebenso wird die Stange, wenn sie nicht zufällig in der Mitte der Platte gelegen ist, niemals genau parallel der y'-Achse gerichtet erscheinen, es werden also auch die x'-Koordinaten für die über einander gelegenen Punkte verschieden ausfallen. Aber auch hier wird die Konstruktion, wie in Fig. 5 angedeutet, die X'-Werte im Objektraum in vollkommener Übereinstimmung ergeben.

In allen Fällen, wo die Neigung der optischen Achse zur Horizontalen über 2° bis 3° nicht hinausgeht, unterscheidet sich die gemessene Entfernung M_1Q nur so wenig von dem Abstand der Ebene gleicher Parallaxe M_1O, daß es sich gar nicht lohnt, die Konstruktion in der vorstehend beschriebenen Weise zur Ausführung zu bringen. In solchen Fällen macht man den Situationsplan genau nach dem alten Verfahren und hat dann nur bezüglich der Höhenbestimmung der an Land befindlichen Objekte einen etwas anderen Weg einzuschlagen.

Dieser besteht darin, daß man mit Hülfe des Maßstabes links neben dem Mikroskop des Stereo-Komparators oder mit Hülfe der Vertikalskale im Gesichtsfeld des Mikroskopes die Bildgröße des Objektes mißt und in der nachstehend angegebenen Weise in Rechnung setzt. Bei Platten, die nur wenige Grad von der vertikalen Lage abweichen, können wir die Bildgröße entfernter Objekte innerhalb der bereits oben angegebenen Grenzen praktisch als vollkommen identisch mit derjenigen Bildgröße ansehen, die sich ergeben würde, wenn die Platte im Moment der Aufnahme vollkommen vertikal gestanden hätte.

Steht der zu messende Gegenstand dicht am Strande oder im Wasser, sodaß man seine Bildgröße in ihrer ganzen Länge (y') direkt ausmessen kann, so erhält man die gesuchte Höhe des Punktes P über Wasser sofort zu

$$H = \frac{y'}{f} E_P,$$

wo f die Brennweite und E_p die Entfernung der durch P gelegten Ebene gleicher Parallaxe von M_1 bedeuten.

Liegt aber der Punkt P weiter landeinwärts, so kann die zu messende Strecke PT (Fig. 6), die Erhebung des Punktes P über der Meeresoberfläche, nicht direkt eingesehen werden; man mißt dann mit Hülfe der Oknlarskale den Abstand des Punktes *von der davorliegenden Strandlinie*, im Bilde also die Strecke ps, woraus sich dann, unter der Voraussetzung, daß die Strecke ts anderweitig durch Rechnung ermittelt werden kann, die gesuchte Höhe des Punktes über der Meeresoberfläche ergibt zu

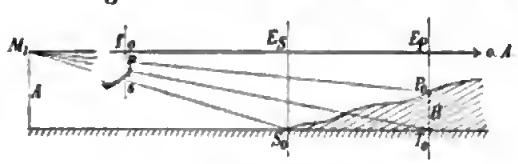


Fig. 6.

$$H = P_0T_0 = \frac{pt}{f} E_p = \frac{ps - ts}{f} E_p.$$

$$H = \frac{ps - ts}{f} E_p.$$

Digitized by Google

Die in dieser Formel noch unbekannte Teilstrecke $t\,s$ erhalten wir leicht durch die folgende Überlegung: Die beiden Punkte S und T gehören der Kugeloberfläche der Erde an; ferner sind die Brennweite f und die Höhe A der Kamera über Wasser ein für allemal gegeben. Wir können daher die Bildgröße $t\,s$ für zwei Punkte S und T *im voraus berechnen*, wenn nur ihre Entfernungen $E_T = E_P$ und E_S gegeben sind. Wir setzen im folgenden, um an ein bestimmtes Beispiel anzuschließen, für A und f diejenigen Werte ein, wie sie für S. M. S. „Planet" zutreffen: $A = 7{,}7\ m$ und $f = 240\ mm$.

Zunächst ist zu beachten, daß $t\,s$ für alle Entfernungen bis 10,5 km das positive Vorzeichen hat. Diese Entfernung bedeutet den Abstand der Kimm, gegeben durch den bekannten Ausdruck

$$E = 3826{,}7\sqrt{A},$$

unter A die Höhe des Apparates über Wasser verstanden. Für eine Standlinie, wie sie der Länge eines Schiffes entspricht, dürfte diese Entfernung zugleich die Grenze des Meßbereichs bedeuten. Wir beschränken uns daher auf diese Entfernung und erhalten (vgl. Fig. 7)

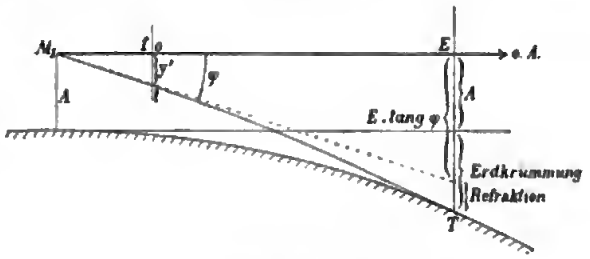


Fig. 7.
$A = E \operatorname{tg} \varphi +$ Refraktion $-$ Erdkrümmung.

$$A = E \operatorname{tg} \varphi + \text{Refraktion} - \text{Erdkrümmung}$$

bezw. nach bekannten Formeln, unter R den Krümmungsradius der Erde und unter k eine Konstante verstanden,

$$A = E \operatorname{tg} \varphi + \frac{E^2}{2R}\,k - \frac{E^2}{2R} = E \operatorname{tg} \varphi - \frac{1-k}{2R}\,E^2,$$

wo

$$\log \frac{1-k}{2R} = 2{,}83435 - 10.$$

Wir können nach dieser Formel für jeden der Meeresoberfläche angehörigen Punkt T den Winkel φ und, da

$$\frac{y'}{f} = \operatorname{tg} \varphi,$$

auch den Abstand des Bildpunktes t von der optischen Achse o durch Rechnung ableiten, sofern nur der Abstand der durch den gemessenen Punkt gelegten Ebene vom Objektiv (E) gegeben ist, und wir erhalten

$$y' = \left(\frac{A}{E} + \frac{1-k}{2R}\,E\right) f.$$

Um also unsere oben gesuchte Größe $t\,s$ zu erhalten, brauchen wir nur für T und S die zugehörigen Werte y'_T und y'_S zu berechnen; die Differenz ist dann gleich $t\,s$.

Statt durch Rechnung erhält man die Strecke $t\,s$ viel bequemer und schneller mit Hülfe der in Fig. 8 wiedergegebenen und für die Versuche an Bord S. M. S „Planet" von mir entworfenen *Rechenskale*.

Zur Erläuterung derselben diene das nachstehende Beispiel: Gemessen im Bilde $p\,s = 3{,}56\ mm$.

$$E_P = 1350\ m \qquad E_S = 750\ m.$$

Die Rechenskale ergibt dann

$$y'_S = 2{,}48\ mm \qquad y'_T = 1{,}39\ mm. \qquad \text{Differenz} = 1{,}09.$$

Somit ist

$$p\,t = 3{,}56 - 1{,}09 = 2{,}47\ mm$$

und

$$H = \frac{2{,}47}{240} \cdot 1350 = 13{,}9\ m.$$

Hierbei kann die angegebene Differenz $y'_g - y'_T = 1{,}09\ mm$ bei Benutzung eines Zirkels, dessen Spitzen man zuerst auf die Entfernungen E_p und E_g einstellt, unmittelbar aus der Rechenskale — Einstellen der einen Spitze auf den Nullpunkt der Teilung — abgelesen werden.

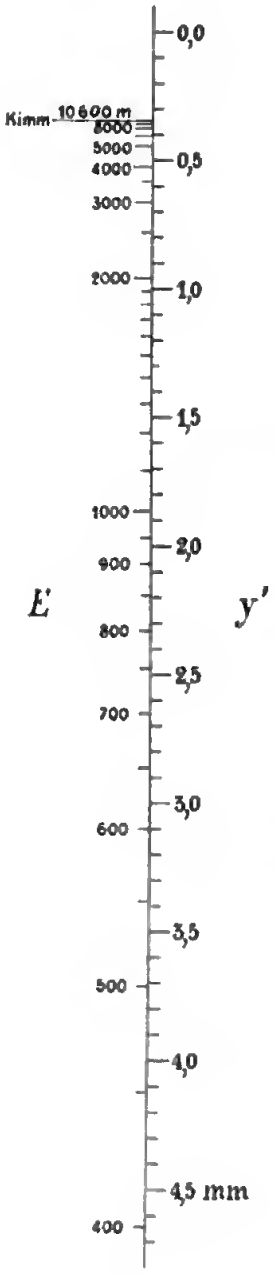


Fig. 8.

$y' = \left(\frac{A}{E} + \frac{f-k}{2R}\,E\right) f$

für $A = 1{,}7\ m$
und $f = 240\ mm$.

Nach dem Vorstehenden können wir nun auch sofort angeben, wie sich die Platten auf dem Stereo-Komparator *nach dem Meereshorizont ausrichten* lassen (vgl. oben *S. 319*), wenn die Kimm nicht sichtbar ist. Selbstverständlich kann die Küstenlinie hierfür nicht ohne weiteres benutzt werden, denn sie ist nur in den seltensten Fällen dem Horizont parallel gerichtet, und die Abweichung ist um so größer, je höher der Standort der Apparate über Wasser gelegen ist, und je näher die Küste sich befindet. Wir haben nichts weiter zu tun, als für zwei ziemlich weit voneinander entfernt liegende Punkte der Küstenlinie die Entfernungen E_1 und E_2 zu ermitteln und die Platten alsdann so einzustellen, *daß der Höhenunterschied der beiden Bildpunkte*, am Höhenmaßstab im Mikroskop-Okular abgelesen, *gleich ist der Differenz der beiden Koordinaten* y_1' *und* y_2', wie man sie für die beiden gemessenen Entfernungen E_1 und E_2 aus der in Fig. 8 dargestellten Rechenskale ohne weiteres entnimmt.

Hiermit ist im wesentlichen alles gesagt, was sich auf die Ausmessung stereophotogrammetrischer Aufnahmen vom Schiff aus bezieht. Ich möchte nur noch einige Bemerkungen anfügen über die für S. M. S. „Planet“ gebaute *Spezial-Konstruktion des Stereo-Komparators*, das mit zwei Plattenpaaren ausgerüstete Modell *C* und über die Art des *Anschlusses zweier benachbarter Stereo-Aufnahmen vom Schiff aus.*

Bei den ersten, im Jahre 1904 von seiten des Reichs-Marine-Amts angestellten Versuchen zur praktischen Erprobung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der Küstenvermessung vom Schiff aus, an welchen Versuchen ich selbst an Bord S. M. S. „Hyäne“ 14 Tage lang teilgenommen habe, hatte es sich als ein besonderer Nachteil beim Ausmessen der aufeinander folgenden Plattenpaare herausgestellt, daß man in Fällen, wo man über die Identität der für den Anschluß benachbarter Pläne benötigten Bildpunkte im Zweifel war, immer gezwungen war, die Platten vom Apparat herunterzunehmen und das erste, bereits ausgemessene Plattenpaar wieder aufzulegen und neu zu justieren.

Diesem Mißstand ist bei dem Stereo-Komparator, Modell *C*, mit dem S. M. S. „Planet“ ausgerüstet ist, dadurch begegnet worden, daß der Apparat gleich für zwei Plattenpaare ein-

gerichtet wurde, die unabhängig voneinander zu den Maßstäben des Stereo-Komparators eingestellt werden können. Der Stereo-Komparator ersetzt also nicht allein *zwei* neben einander aufgestellte Stereo-Komparatoren; er ist sogar noch bequemer als diese, da man durch Verschieben des Mikroskops schnell und ohne den Platz wechseln zu müssen von einem Plattenpaar zum andern übergehen und die Identität der Bildpunkte revidieren kann. Im einzelnen sei wegen der Einrichtung des Apparates auf Fig. 9 und die beigefügte Erläuterung verwiesen.

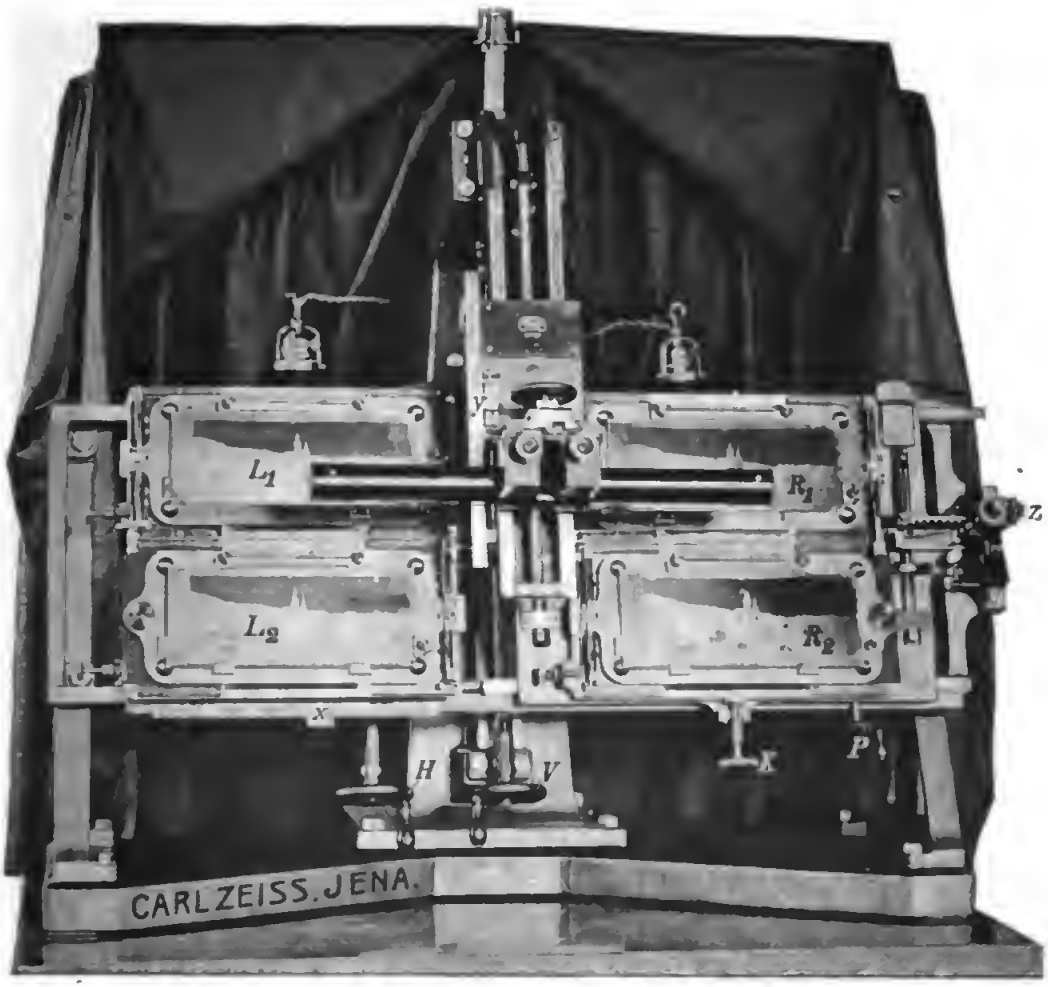


Fig. 9 (1/6 nat. Größe).

Stereo-Komparator, Modell C_1 für die stereophotogrammetrische Küstenvermessung vom Schiff aus, eingerichtet für zwei Plattenpaare. Plattenformat 12 × 30 cm.

L_1 und R_1 das Plattenpaar der ersten Stereo-Aufnahme.

L_2 und R_2 das Plattenpaar der zweiten, links oder rechts benachbarten Stereo-Aufnahme.

Jede einzelne Platte ist in horizontaler Richtung fein verstellbar und in ihrer Ebene fein drehbar. In der Figur sind die hierzu dienenden Schrauben nicht besonders bezeichnet; die Feinbewegungsschrauben für die seitliche Verschiebung jeder einzelnen Platte befinden sich links unten neben der betreffenden Platte, die Drehungsvorrichtung für das obere Plattenpaar an den beiden einander abgewandten, für das untere Plattenpaar an den beiden einander zugewandten Enden.

H Handhabe zur Verschiebung des die 4 Platten tragenden Rahmens in horizontaler Richtung.

x Millimeter-Maßstab mit Nonius zur Ablesung der Abszissen.

V Handhabe zur Verschiebung des Stereo-Mikroskops in vertikaler Richtung.

y Millimeter-Maßstab mit je einem Nonius für jedes Plattenpaar.

P Handhabe zur Verschiebung der beiden rechten Platten in horizontaler Richtung (Parallaxenschraube).

z Schätzmikroskop mit Glasmaßstab und Millimeter-Teilung zur direkten Ablesung der Parallaxe auf 0,01 mm genau.

K Stellschraube zum Einstellen der beiden Bilder links und rechts auf genau gleiche Höhe mit der Meßmarke im Okular.

Der *Anschluß von zwei benachbarten Stereo-Aufnahmen* kann selbstverständlich nur vorgenommen werden unter Benutzung der Bildpunkte von *mindestens zwei festen Punkten am Lande*. Wie aus Fig. 10a u. 10b ersichtlich, ergibt jede der beiden Aufnahmen

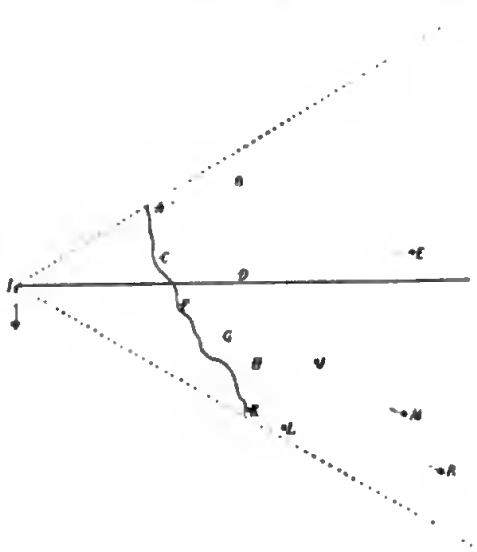


Fig. 10a.

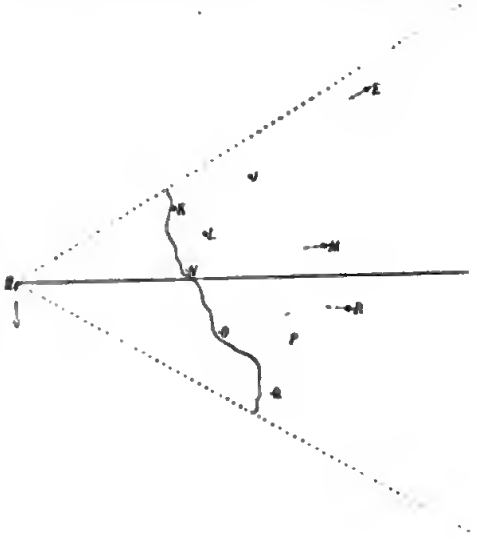


Fig. 10b.

Die beiden Einzelpläne a und b. Der Pfeil bezeichnet die Richtung, in der das Schiff gefahren ist.

einen Plan mit dem Schiffsort I bezw. II als Ausgangspunkt für die Messung, mit der Küstenlinie und den an Land befindlichen Punkten *A*, *B*, *C* u. s. w. Die durch *E*, *M* und *R* in Fig. 10a u. 10b gezogenen Striche, die sämtlich nach dem Aufnahmeort hinzielen, sollen andeuten, daß die gemessenen Punkte auf ihren zugehörigen Radienvektoren gelegen sind, daß aber ihr genauer Ort infolge zu großer Entfernung von dem Aufnahmeort — die Fehler wachsen bekanntlich mit dem Quadrat der Entfernung — nicht hat ermittelt werden können. Dieser ergibt sich später beim Zusammenlegen der beiden Aufnahmen (s. Fig. 11) sofort als der Durchschnittspunkt der beiderseitigen Radienvektoren.

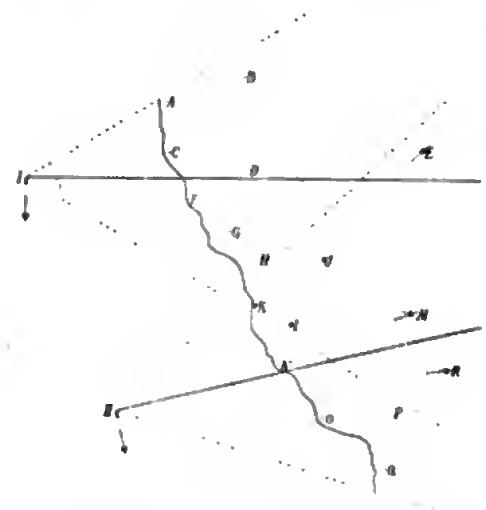


Fig. 11.

Die aneinander angeschlossenen Pläne a und b der Fig. 10.

Für den Anschluß der beiden Pläne werden natürlich nur solche Punkte (*K*, *L* und event. noch *J*) benutzt, die nicht zu weit ab von der Küste gelegen sind, und gegen deren Identität keine Zweifel bestehen. Durch den Anschluß der beiden Aufnahmen wird natürlich auch der Abstand der beiden Schiffsorte (I und II) voneinander im Moment der Aufnahme gefunden.

Jena, Im Oktober 1908.

Untersuchungen über das Silbervoltameter[1]).

Von
W. Jaeger und H. von Steinwehr.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Einleitung.

Die im nachstehenden mitgeteilten Messungen[2]) sind zu dem Zweck unternommen worden,

1. die elektromotorische Kraft der Westonschen Normal-Elemente, welche zuletzt i. J. 1898 mittels des Silbervoltameters bestimmt worden war[3]), wiederum an dieses anzuschließen,

2. den Wert solcher Elemente mit normalem, nach neuen Vorschriften hergestelltem Merkurosulfat, nachdem die Untersuchungen über dieses als abgeschlossen gelten können, endgültig festzustellen. Sodann sollte

3. im Hinblick auf die neueren Arbeiten auf diesem Gebiet untersucht werden, welche Genauigkeit bei silbervoltametrischen Messungen einerseits unter möglichst gleichbleibenden Bedingungen, andererseits bei Variation der in Betracht kommenden Faktoren zu erreichen ist, und

4. inwiefern verschiedene Methoden (z. B. Anwendung einer Tonzelle nach Richards oder die gebräuchliche Anordnung ohne Tonzelle) prinzipielle Unterschiede in der Menge des Silberniederschlags zur Folge haben.

Über diese letzteren Fragen (3. und 4.) sind in neuerer Zeit verschiedene, z. T. mit den früheren Ergebnissen in Widerspruch stehende Arbeiten veröffentlicht worden. Es erschien daher wünschenswert, auch in der Reichsanstalt diese Fragen, die teilweise hier bereits früher Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen sind[4]), nochmals mit besonderer Berücksichtigung der neueren Gesichtspunkte sorgfältig zu behandeln.

Ehe aber auf diese Untersuchungen selbst näher eingegangen wird, möge ein kurzer Überblick über die bisherige Sachlage gegeben werden.

Von den in der letzten Zeit erschienenen Arbeiten boten die in dem *National Physical Laboratory* in Teddington bei London von Hrn. Smith, Mather und Lowry ausgeführten Untersuchungen[5]) besonderes Interesse durch die große Genauigkeit der Messungen und durch die großen Mittel, mit welchen die Messungen ausgeführt worden sind. Bemerkenswert ist das Resultat, daß die mit dem Silbervoltameter gefundenen Werte unabhängig von gewissen Faktoren sind, die nach früheren Untersuchungen wesentliche Unterschiede des Silberniederschlags hervorrufen sollten. Es kommen hierbei im wesentlichen zwei Punkte in Betracht, nämlich erstens der von Schuster und Crossley und Anderen aus ihren Beobachtungen gefolgerte Unterschied der Niederschlagsmenge bei Gegenwart von Sauerstoff oder von anderen Gasen bezw. im Vakuum, zweitens der von Richards und

[1]) Eine ausführlichere Mitteilung mit Angabe sämtlicher Versuchsdaten soll in den „Wissenschaftlichen Abhandlungen" der Reichsanstalt veröffentlicht werden.

[2]) Hr. Lindeck war an diesen Messungen bis zum September 1907 beteiligt; eine weitere Mitwirkung wurde infolge seiner Inanspruchnahme durch andere Arbeiten verhindert.

[3]) Siehe *diese Zeitschr.* **18.** *S. 274. 1898.*

[4]) Vgl. Kahle, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 229. 1898.*

[5]) *National Phys. Laboratory Collected Researches* **4.** *S. 123. 1908; Phil. Trans. Roy. Soc.* **207.** *S. 345. 1908.*

Heimrod behauptete Unterschied zwischen der Rayleighschen Versuchsmethode und derjenigen mit Anwendung einer Tonzelle nach Richards. Für diese beiden Fälle fand Smith, soweit er seine Untersuchung ausgedehnt hat, keine oder nur verschwindende Differenzen.

Auch der von Rayleigh behauptete Einfluß der Temperatur auf die Menge des niedergeschlagenen Silbers ist von Smith sowie von F. Kohlrausch[1]) (indirekte Methode) nicht bestätigt worden.

Zur näheren Beleuchtung der Widersprüche zwischen Smith und den Vorgängern ist es erforderlich, die früheren Arbeiten etwas eingehender zu betrachten.

Schuster und Crossley[2]) ziehen aus ihren Versuchen den Schluß, daß das nach ihrer Ansicht wahre (d. h. unter vermindertem Luftdruck von etwa 3 *cm* gefundene) elektrochemische Äquivalent des Silbers wahrscheinlich nicht ganz ein Tausendstel größer ist als der von Rayleigh angegebene Wert. Abgesehen hiervon, fanden sie Unterschiede für verschieden große Schalen.

Als Mittelwert für die Differenzen zwischen den in Luft und den unter vermindertem Druck gefundenen Niederschlagsmengen ergeben sich nach Tab. VII der Mitteilung 0,43 Tausendstel in dem Sinne, daß der im Vakuum erhaltene Silberniederschlag größer ist. Indessen kommen unter den 13 Versuchen Abweichungen von diesem Mittelwert vor, die diesen Betrag bis zum doppelten übersteigen (die Abweichungen gehen von $-0{,}5$ bis $+15\times10^{-4}$). Dabei bleiben 8 Werte *unter* der mittleren Differenz oder sind ihr nahe gleich, ein Wert liegt sogar im entgegengesetzten Sinne. Ferner ist noch zu beachten, daß die Beobachter mit Gefäßen verschiedener Größe gleichfalls Unterschiede im Silberniederschlag erhalten haben, und zwar im Mittel: Großes Gefäß minus kleines Gefäß $= +2\times10^{-4}$ (die Werte gehen von -3×10^{-4} bis $+18\times10^{-4}$). Zwei Versuche ergaben: Großes Gefäß im Vakuum minus kleines Gefäß in Luft = ca. $+14\times10^{-4}$, drei Versuche: Kleines Gefäß im Vakuum minus großes Gefäß in Luft $= +6$ bezw. zwei Versuche -2×10^{-4} (im Mittel). Mit Sicherheit läßt sich somit ein Unterschied aus diesen Versuchen nicht konstatieren.

Auch bei Myers[3]) ergibt sich ein Unterschied im selben Sinne, wie er von Schuster und Crossley angegeben worden ist, und zwar bei einer 20-prozentigen Lösung im Mittel: Vakuum minus Luft $= 10\times10^{-4}$ (Werte von 8 bis 14×10^{-4}), bei 40-prozentiger Lösung $8{,}5\times10^{-4}$ (Werte von 2 bis 14×10^{-4}); zwischen Luft und Stickstoff von 2,6 bis $9{,}6\times10^{-4}$ (Stickstoff minus Luft).

Ein Unterschied in dem angegebenen Sinne liegt also bei diesen beiden Beobachtern vor, doch sind die Abweichungen der Versuche untereinander, trotzdem es sich nur um relative Messungen handelt, so groß, daß mit voller Sicherheit ein Schluß aus diesen Beobachtungen nicht gezogen werden kann.

Sonstige Zahlenangaben sind in der Literatur über diesen Unterschied des Silberniederschlags im Vakuum und in Luft bezw. über den angeblichen schädlichen Einfluß des Sauerstoffs nicht zu finden. K. Kahle[4]) führt zwar in einem in England gehaltenen Vortrag an, daß er die Beobachtungen von Schuster bestätigt gefunden habe; es sind aber keine Zahlen darüber von ihm veröffentlicht worden. Nach einer mündlichen Mitteilung handelt es sich nur um vorläufige Versuche, auf die

[1]) F. Kohlrausch u. R. H. Weber, *Ann. d. Physik* **26.** *S. 409. 1908.*

[2]) *Proc. Roy. Soc. London* **50.** *S. 344. 1892.*

[3]) *Wied. Ann.* **55.** *S. 288. 1895.*

[4]) *Brit. Assoc. Rep. (A) 1892 S. 148: „as first shown by Prof. Schuster and also proved by me by a good deal of experiments."*

später nicht wieder zurückgekommen worden ist. Ebenso sagen Richards und Heimrod[1]) ohne Angabe von Versuchszahlen nur: *„our own experiments in the same direction verify the results of these experiments and need not be recorded here."*

Die Angaben, aus denen auf einen Unterschied in der Menge des Silberniederschlags in Gegenwart des Sauerstoffs und ohne diesen zu schließen wäre, haben somit kein großes Gewicht. Was den Einfluß des Drucks betrifft, so hat Merrill[2]) bei Drucken bis zu etwa 100 Atm. keine Differenz des Niederschlags gefunden, die seine Beobachtungsfehler übersteigt.

Die Verhältnisse betreffend den Unterschied zwischen den Niederschlagsmengen des Silbers nach dem Verfahren von Rayleigh und dem von Richards (mit Tonzelle) liegen insofern ganz ähnlich, als gleichfalls aus dem in der Literatur vorhandenen Material nicht mit voller Sicherheit auf einen Unterschied zwischen diesen beiden Methoden geschlossen werden kann.

Die von den verschiedenen Beobachtern als Mittelwerte angegebenen Differenzen zwischen dem Niederschlag in Voltametern mit Tonzelle und ohne diese sind im folgenden zusammengestellt[3]).

Beob.	Zeit	Unterschied	
Richards	1899	$8{,}0 \times 10^{-4}$	(3 Versuche)
	1902	3,3[4]) „	(14 Versuche: 1 bis 4×10^{-4}, 1 Versuch: 8×10^{-4})
Watson	1901	2,5 „	(15 Versuche: -1 bis $+5 \times 10^{-4}$)
Gothe	1904	4,8 „	(8 Versuche: 3 bis 7×10^{-4})
v. Dijk	1906	2,5 „	(15 Versuche: -1 bis $+4 \times 10^{-4}$)
		bezw. 2,8 „	(14 Versuche: $+2$ bis $+4 \times 10^{-4}$)

Die Messungen sind alle relativ, d. h. es wurden nur die Silberniederschläge in den hinter einander geschalteten Tiegeln verschiedener Art bestimmt, nicht aber die Zeitdauer und nicht die Stromstärke durch Kompensation eines Normal-Elementes gemessen.

Eine deutliche Abweichung nach einer Seite ist also auch hier vorhanden; die Größe derselben ist aber ganz unsicher, man kann wohl sagen, daß sie innerhalb der Versuchsfehler liegt. Smith hat zwischen den beiden Anordnungen keinen Unterschied gefunden. Dies ist auch von F. Kohlrausch neuerdings bestätigt worden[5]), der auch bei seiner älteren Untersuchung keinen Einfluß der Anodenflüssigkeit bemerkt hat[6]).

Die innere Übereinstimmung bei den Versuchen von Smith ist wesentlich besser als bei den oben angeführten Messungen. Bei der Wiederholung der Versuche von Schuster und Crossley wurde der Druck auf 8 bezw. $2\frac{1}{2}$ *cm* erniedrigt und bei 5 Versuchen, von denen 3 absolut, 2 relativ ausgeführt wurden, nur Differenzen

[1]) *Proc. Amer. Acad.* **37.** *S. 429. 1902.*

[2]) *Phys. Rev.* **10.** *S. 167. 1900.*

[3]) Richards, Collins u. Heimrod, *Proc. Amer. Acad.* **35.** *S. 144. 1899;* Richards u. Heimrod, *ebenda* **37.** *S. 437. 1902;* Watson, *Phil. Trans.* **198.** *S. 453. 1902;* Guthe, *Phys. Rev.* **19.** *S. 145. 1904* und *Bull. Bur. of. Standards* **1.** *S. 28. 1904;* v. Dijk, *Ann. d. Physik* **19.** *S. 249. 1906.*

[4]) Bei dem von Richards angegebenen Mittel $4{,}1 \times 10^{-4}$ sind die Versuche von 1899 mitgerechnet.

[5]) F. Kohlrausch, *Ann. d. Physik* **26.** *S. 580. 1908.*

[6]) F. u. W. Kohlrausch, *Wied. Ann.* **27.** *S. 1. 1886.*

von einigen Hunderttausendstein gegenüber der Messung bei Atmosphärendruck gefunden.

Die Messungen an Voltametern mit Tonzelle ergaben etwas verschiedene Resultate, je nach der Behandlung der Tonzelle. Diese wurde entweder a) mit Wasser behandelt und im elektrischen Ofen erhitzt oder b) mit Säure behandelt und dann mehrere Tage in Wasser ausgelaugt. Während sich für die Form ohne Tonzelle ein Silberniederschlag von 1,11827 g pro Coniomb ergab, fanden die Verf. für die Versuche mit Tonzelle

I. aus absoluten Messungen
nach a) 1,11828 (4 Zahlen; Abweichung $-0{,}3$ bis $+0{,}3 \times 10^{-4}$)
nach b) 1,11805 (5 Zahlen; „ $-0{,}8$ bis $+1{,}1 \times 10^{-4}$)

II. aus relativen Messungen
nach a) 1,11828 (5 Zahlen; Abweichung $-0{,}1$ bis $+0{,}2 \times 10^{-4}$)
nach b) 1,11820 (8 Zahlen; „ $-0{,}7$ bis $+0{,}2 \times 10^{-4}$).

Der Unterschied bleibt also auch hier unterhalb der Beobachtungsfehler mit Ausnahme vielleicht des Wertes Ib.

Diese Ergebnisse der Untersuchungen des *National Physical Laboratory* sind durch die erwähnten Mitteilungen von F. Kohlrausch sowie durch unsere eigenen Messungen bestätigt worden, sodaß die bisher behaupteten Unterschiede zwischen Messungen im Vakuum und in Luft einerseits und zwischen Voltametern mit und ohne Tonzelle andererseits als praktisch nicht vorhanden angesehen werden können.

Untersuchungen der Reichsanstalt.

A. Allgemeines.

Zur Erreichung einer großen Genauigkeit ist es wünschenswert, nicht zu kleine Mengen Silber niederzuschlagen, weil andernfalls Wägungsfehler und in noch höherem Maße andere Fehler von zu großem Einflusse sind.

Um z. B. 1 *g* Niederschlag auf $1 \cdot 10^{-5}$ zu wägen, muß das Gewicht auf $^1/_{100}$ *mg* bestimmt werden. Diese Größe ist aber im allgemeinen schon an der Grenze der bei derartigen Wägungen erreichbaren Genauigkeit. Noch bedeutender sind jedoch die Fehler, welche z. B. durch Verluste von losgelösten Silberflittern entstehen können; diese fallen um so mehr ins Gewicht, je geringer die Gesamtmenge des zu wägenden Silbers selbst ist. Im *National Physical Laboratory* hat man deshalb erheblich größere Silbermengen, etwa 7 *g*, niedergeschlagen, zu deren Erzeugung ein Strom von 1 Amp. etwa 2 Stunden lang durch das Voltameter fließen mußte. Um dabei zu vermeiden, daß die Stromdichte und die pro cm^2 der Kathode niedergeschlagene Silbermenge zu groß wurde, benutzte man wesentlich größere Platingefäße, als es sonst bei silbervoltametrischen Versuchen der Fall zu sein pflegt. Der Durchmesser der großen Gefäße betrug 10 *cm*, die Höhe 8 *cm*; sie besaßen dementsprechend einen Rauminhalt von etwa 570 *ccm*; das Gewicht betrug etwa 80 *g*.

Bei den Versuchen in der Reichsanstalt mußte man davon absehen, derartig große Silbermengen niederzuschlagen, da die Wage, welche für diese Messungen in Betracht kam, nur für Gefäße von kleineren Dimensionen zu benutzen war. Die niedergeschlagenen Silbermengen bewegten sich demgemäß zwischen 1,4 und 2,7 *g*, wobei es natürlich eine erheblich größere Sorgfalt erfordert, dieselbe Übereinstimmung der Einzelwägungen zu erzielen, wie bei dem im *N. P. L.* niedergeschlagenen Silbergewicht.

Die zu den Wägungen benutzte Wage war mit einer Vorrichtung versehen, die es gestattete, die Gewichtstücke und den zu wägenden Körper vertauschen zu können, ohne daß die Wage geöffnet werden mußte. Diese Wage sowie ein Gewichtssatz aus Platiniridium, dessen Korrektionen genau bestimmt waren, sind der Reichsanstalt von der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission freundlichst überlassen worden, wofür ihr an dieser Stelle verbindlich gedankt wird.

Gleichzeitig möge auch der Firma W. C. Heraeus in Hanau der Dank der Reichsanstalt dafür ausgesprochen werden, daß sie einige Platintiegel leihweise zur Verfügung gestellt hat.

B. Spezielles.

1. Wägungen.

a) Die Wage. Die eben erwähnte, von der Firma P. Stückrath in Friedenau bei Berlin gelieferte Wage war (außer bei den Versuchen Nr. 1 bis 3) in dem im Erdgeschoß gelegenen, allseitig von Zimmern und Korridoren umgebenen Raum für konstante Temperatur des Observatoriums der Abt. I auf einem gemauerten Steinsockel aufgestellt.

Sie befand sich in einem Glaskasten, der wiederum allseitig von einem Mantel aus Weißblech umgeben war, um den Wärmeaustausch mit der Umgebung herabzusetzen, hauptsächlich aber, um direkte Bestrahlung durch Lampen u. s. w. zu verhindern.

Die Ablesung geschah mit Fernrohr und Skale aus 1,5 *m* Entfernung. Aus der gleichen Entfernung konnte das Arretieren und Entarretieren der Wage sowie die Vertauschung der Gewichte und Tiegel vorgenommen werden, ebenso das Auf- und Absetzen der Reiter (zur Empfindlichkeitsbestimmung) während des Schwingens der Wage.

Zur Ablesung der Ausschläge war von dem Versuch Nr. 5 an auf dem Wagebalken ein horizontaler Spiegel befestigt. Über dem Spiegel war auf dem horizontalen, planen Glasdache ein Glasprisma auf drei Füßen so aufgestellt, daß es die horizontalen Strahlen von der am Fernrohr befindlichen beleuchteten Skale senkrecht nach unten auf den Spiegel warf, von wo dieselben auf nahe dem gleichen Wege ins Fernrohr reflektiert wurden.

b) Die Gewichte. Um die Korrektionen für das Luftgewicht möglichst klein zu machen, wurden die Platintiegel durch Gewichtsstücke aus Platiniridium, deren Volumen bekannt war, gewogen. Diese Gewichtsstücke hatten eine zylindrische Form und waren in Sätze von 1, 1, 2, 2, 5 u. s. w. abgestuft. Die Korrektionen dieses Satzes bis zu 1 *g* herunter waren in der Normal-Eichungs-Kommission bestimmt.

Für Bruchteile eines Gramm kam der in den *Wiss. Abhandl. d. P. T. R. 2. S. 407 u. 457. 1895* und *3. S. 104 u. 124. 1900* beschriebene Gewichtssatz in Anwendung, der nach dem Schema 1, 2, 3, 4 abgestuft ist. Derselbe besteht aus Platin von 10 bis 400 *mg*, aus Aluminium von 0,1 bis 4 *mg*; außerdem ist noch ein Stück 0,5 *mg* vorhanden. Die Korrektionen dieser Gewichtsstücke sind von Hrn. Scheel neu bestimmt worden. Zur Wägung der mit dem Silberniederschlag gefüllten Tiegel wurden außer den vorstehend erwähnten Gewichtssätzen noch Stücke von 1 *g* und 2 *g* aus Kupfer benutzt. Die Korrektionen dieser Stücke sind im Jahre 1890 und 97 bestimmt und nach Beendigung der Messungen nochmals durch Anschluß an die Platin-Iridiumstücke der Normal-Eichungs-Kommission kontrolliert worden.

Zur Bestimmung der Empfindlichkeit der Wage diente je ein Satz Reiter von 1, $1\frac{1}{3}$ und $1\frac{2}{3}$ *mg* auf jeder Seite des Wagebalkens. Zwei Reiter wurden meist so kombiniert, daß eine Gewichtsdifferenz von $\frac{1}{3}$ *mg* zur Empfindlichkeitsbestimmung benutzt wurde.

Digitized by Google

Die Abgleichung der Gewichte erfolgte meist so genau, daß nur ganz geringe Abweichungen von der Null-Lage übrig blieben, sodaß die Genauigkeit der Empfindlichkeitsbestimmung nur geringen Einfluß auf das Resultat hatte.

Da die Gewichtsstücke und die Tiegel nicht unmittelbar auf die rostartig gestalteten Wageschalen aufgesetzt werden konnten, wurden auf die letzteren zunächst Nickelplatten (von 10,653 *g*) aufgelegt, die stets mit vertauscht wurden. Die Gewichtsdifferenz dieser Platten ist öfter bestimmt und in Rechnung gesetzt worden, um die zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Wägungen der leeren Tiegel vergleichbar zu machen.

c) *Beschreibung und Beispiel einer Wägung.* Nachdem der zu wägende Tiegel hinreichend lange in dem Exsikkator zwecks Abkühlung gestanden hatte (siehe später), wurde er möglichst zentrisch auf einer der beiden Wageschalen aufgestellt, und auf der anderen Seite das Gleichgewicht durch Auflegen der Gewichte bis zu 0,1 Milligramm hergestellt. Durch mehrmaliges Abheben und Aufsetzen der Gewichte und des Tiegels auf die Schalen wurde dann die Zentrierung soweit vervollkommnet, daß beim Lösen der Arretierung die Schalen nicht mehr pendelten. Nachdem man dann die Wage sich eine Zeitlang hatte beruhigen lassen, wurde ihre Einstellung nochmals kontrolliert, um sie nötigenfalls durch Veränderung in den zehntel Milligramm noch weiter zu verbessern. Bis zum Beginn der eigentlichen Wägung wartete man dann noch wenigstens ½ Stunde.

Jede Wägung setzt sich aus mindestens drei Einzelwägungen *BA*, *AB*, *BA* zusammen, bei denen die Einstellung aus je drei Schwingungen der Wage abgeleitet ist. Bei den zwei mit *BA* bezeichneten Wägungen befand sich der zu wägende Körper *A* (Platintiegel) auf der rechten Wagschale, das Gewicht *B* auf der linken; bei der mittleren Wägung *AB* war die Anordnung umgekehrt (vgl. das folgende Beispiel).

Die Empfindlichkeit wurde bei jeder Wägung mittels der oben erwähnten, aus der Entfernung aufzusetzenden Reiter bestimmt; außerdem wurde die Temperatur vor und nach der Wägung abgelesen.

Versuch Nr. 21.

16. I. 08. Wägung Nr. 589.

A = Platte 1 + Tiegel I + Silber.

B = Platte 2 + [50 + 5 + 2 + 2] *g* + 2 *g* Cu + [300 + 30 + 4 + 3 + 1 + 0,5] *mg*.

Nominelles Gewicht 61,3385, d. h. = 59,3385 + 2.

Anfang der Wägung $12^h\,25^m$; $t = 17{,}80°$.

Ende „ „ $12^h\,36^m$; $t = 17{,}80°$.

	Abgelesene Umkehrpunkte			Einstellung	
BA	162,3	252,8	164,8	208,2	
AB	163,0	248,6	164,9	206,3	
BA	168,0	246,8	170,0	207,9	13,1
$B + 1\frac{1}{2}$ *mg*; $A + 1\frac{1}{2}$ *mg* .	197,7	243,8	198,7	221,0	

Zur Bestimmung der Empfindlichkeit waren links $1\frac{1}{2}$ *mg*, rechts $1\frac{1}{2}$ *mg* aufgelegt, deren Differenz 0,319 *mg* beträgt; dieser Differenz entspricht ein Ausschlag von 13,1 Skalenteilen, somit ist die Empfindlichkeit

$$\varepsilon = \frac{0{,}319}{13{,}1} = 0{,}0244 \text{ mg/Sktl.}$$

Die mittleren Einstellungen sind

$$AB = 206{,}3$$
$$BA = 208{,}0$$
$$\text{Differenz} \quad -1{,}7$$

Es folgt also (unter Berücksichtigung der Plattendifferenz)

$$A - B = -\frac{1{,}7}{2} \cdot 0{,}0244 = -0{,}021\ mg$$
$$-(\text{Platte } 1-2) = \qquad -0{,}015\ ,$$
$$A = \qquad B - 0{,}036\ mg.$$

Nach Anbringung der Gewichtskorrektionen erhält man für B

$$61{,}3385 - 0{,}000461 = 61{,}338039\ g$$

und somit

$$A = 61{,}338003\ g.$$

An den korrigierten Gewichten ist, soweit sie Wägungen von Tiegeln betreffen, die Silberniederschlag enthalten, noch eine kleine Korrektion für das Luftgewicht anzubringen. Bedeutet s das Gewicht des Tiegels + Silber, t das Gewicht des leeren Tiegels, m das aufgelegte Kupfergewicht (1 bezw. 2 g), π die Dichte des Platins gleich 21,4, σ die Dichte des Silbers und μ die des Kupfers, so ist die Korrektion

$$C = -1{,}29 \left\{ m \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\mu} \right) - (s-t) \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\sigma} \right) \right\} mg$$
$$= \left\{ 0{,}063\,(s-t) - 0{,}0847\,m \right\} mg;$$

$s - t$ ist das Silbergewicht. Infolge geeigneter Kombination von Platin- und Kupfer-Gewichten war die Korrektion klein, wie folgende Zusammenstellung zeigt.

Versuch Nr.	$s - t$	m	Korrektion mg
1 bis 3	1,38	1	0
5	1,70	1	+ 0,022
9	1,80	2	− 0,057
6, 8, 10 bis 14	2,73	2	0
7, 15 bis 18 20 bis 22 24 bis 28	2,04	2	− 0,041
19	2,32	2	− 0,023
23	2,12	2	− 0,036

Diese Korrektion ist an der Differenz der Gewichte in der Schlußtabelle angebracht.

d) Genauigkeit der Wägung. Bei den ersten Messungen war die Wage nicht in einem Raume für konstante Temperatur aufgestellt, ohne daß daraus Nachteile erwuchsen. Als aber späterhin mit dem Heizen der Räume begonnen werden mußte und größere Temperaturschwankungen auftraten, konnte keine befriedigende Übereinstimmung bei Wägungen von Tiegeln mehr erzielt werden, selbst wenn stets derselbe Tiegel wiederholt gewogen wurde, ohne daß er aus der Wage herausgenommen worden war. Auch in diesem Falle kamen Abweichungen von mehreren hundertstel mg vor, die vielleicht von ungleichmäßiger Erwärmung der Wage, von Konvektionsströmungen und wohl auch davon herrührten, daß die in den Tiegeln eingeschlossene Luft bei stärkerem Temperaturgange nicht die Temperatur der umgebenden Luft annahm. Sodann hatte es anfänglich den Anschein, als ob verschiedene Behandlungsweise der Tiegel bei der Reinigung und dem Trocknen von Einfluß sei. Es wurden viele Versuche angestellt, um festzustellen, ob und welche Gase vom Platin okkludiert

wurden, ob das Einfetten des Exsikkatorrandes von Einfluß war u. s. w., ohne daß man zu einem bestimmten Resultate kam. Alle Schwierigkeiten verschwanden, als die Wage in dem bereits erwähnten Raume für konstante Temperatur aufgestellt worden war, wie aus folgender Zusammenstellung (Tab. I) von Wägungen des leeren Tiegels VI hervorgeht. In der dritten Spalte dieser Tabelle sind die Abweichungen der Einzelwägungen vom Mittelwert sämtlicher Wägungen in hundertstel *mg* angegeben.

Tabelle I.

Nr. der Wägung	Zeit	Differenz $^1/_{100}$ *mg*	Bemerkungen
381a	21. 2. 07	— 1,8	
b	„	— 1,2	
c	„	— 3,2	
d	„	— 0,9	
e	22. 2. 07	+ 0,9	
f	„	— 0,3	
g	„	— 1,3	
h	23. 2. 07	— 2,2	
i	„	+ 0,4	5 Min. Bestrahlung mit Lampe von 32 HK
k	26. 2. 07	+ 1,4	Absorptionstrog f. Wärmestrahl. vor d. Lampe geschaltet
382a	„	+ 1,4	Absichtl. Bestrahlung durch den Trog (30 Min.)
b	„	+ 0,3	
c	„	+ 1,0	
d	27. 2. 07	— 0,2	
e	„	+ 0,8	
f	28. 2. 07	+ 1,2	
383a	„	+ 0,3	Tiegel in heißem Wasser gereinigt
b	1. 3. 07	+ 2,5	
c	„	+ 1,4	
384a	„	— 0,2	Tiegel mit Benzin gereinigt
b	2. 3. 07	— 0,1	
385a	„	— 1,3	Tiegel mit heißem Wasser gereinigt
b	4. 3. 07	— 0,5	
c	„	+ 0,6	
d	5. 3. 07	— 0,3	
386a	„	— 2,4	Abkühlungsversuche (siehe *S. 335*)
b	6. 3. 07	— 1,1	
387a	„	+ 0,2	Tiegel auf 160° erhitzt
b	„	+ 0.2	
388	7. 3. 07	— 2,1	Tiegel mit heißem Wasser behandelt
389a	„	— 0,4	Auch vor Skalenbeleuchtung Wassertrog angebracht
b	„	— 0.6	
c	„	— 0,1	
d	8. 3. 07	— 0,2	
390a	„	+ 1,0	Tiegel mit heißem Wasser behandelt
b	9. 3. 07	+ 1,8	
c	„	+ 2,6	
391a	„	+ 1,1	Tiegel mit heißem Wasser behandelt
b	„	— 0,1	
c	„	+ 0,9	
d	„	+ 0,8	

Der mittlere Fehler einer Wägung beträgt demnach etwa $^1/_{100}$ *mg*, nur selten kommen etwas größere Abweichungen vor. Bei den in der obigen Tabelle angeführten Messungen ist die Ablesung des vor einer kleinen Skale schwingenden Zeigers mit

einem Fernrohr vorgenommen worden; später (von Versuch Nr. 5 an) wurde die Ablesegenauigkeit noch dadurch verbessert, daß, wie bereits erwähnt, mit Hülfe eines an dem Wagebalken befestigten Spiegels beobachtet wurde.

Wie die Tabelle zeigt, ist auch die Behandlungsweise des Tiegels mit heißem Wasser und ebenso die Erhitzung auf 160° ohne Einfluß auf das Gewicht.

Über die Behandlung der Tiegel bei den Versuchen selbst wird später noch Näheres mitgeteilt werden. Da hierbei zuletzt stets eine Erwärmung der Tiegel auf 160° in einem Heizkasten vorgenommen wurde, mußte natürlich mit dem Einsetzen der Tiegel in den Wagekasten so lange gewartet werden, bis dieselben vollkommen abgekühlt waren.

Um festzustellen, wie lange Zeit die Abkühlung der Tiegel in Anspruch nimmt, wurde die Abkühlungskonstante eines Tiegels ermittelt; zu diesem Zweck wurde eine Lötstelle eines Thermoelements aus Eisen-Konstantan mit der Wandung des Tiegels in Berührung gebracht, während sich die andere Lötstelle auf der Temperatur der umgebenden Luft befand, und die Einstellung eines Galvanometers zu verschiedenen Zeiten beobachtet, während der vorher erwärmte Tiegel sich im geschlossenen Exsikkator abkühlte. Das Verhältnis je zweier um 15 Sekunden auseinander liegender Ausschläge ergab sich bei geschlossenem Exsikkator zu 1,17, woraus sich die Konstante b in der Newtonschen Abkühlungsgleichung (u = Temperatur zur Zeit t, u_0 = Anfangstemperatur)

$$\frac{du}{dt} = -b(u - u_0)$$

zu $b = 0{,}010$, auf die Sekunde bezogen, berechnet. Um die Temperaturdifferenz des Tiegels gegen die Umgebung von 1° auf $^1/_{100}$° herabzusetzen, ist demnach eine Zeit von etwa 8 Min. erforderlich, oder, anders ausgedrückt, in 70 Sek. fällt seine Temperatur auf die Hälfte der Differenz.

Bei der Abkühlung des Tiegels wurde deshalb in der Weise verfahren, daß man ihn erst in Luft etwa 10 Min. lang abkühlen ließ und darauf in den Exsikkator brachte, der dann durch das Einsetzen des Tiegels seine Temperatur nicht mehr ändert. Nachdem der Exsikkator mit dem Tiegel noch eine Zeitlang im Wagezimmer gestanden hatte, wurde der Tiegel in die Wage selbst eingesetzt und verblieb dort bis zur Wägung, mindestens $^1/_2$ Stunde. Man war dann sicher, daß keine in Betracht kommenden Temperaturunterschiede zwischen Tiegel und Wageraum mehr vorhanden waren.

2. Versuchsanordnung.

a) *Prinzip.* Das schon öfter angewandte Prinzip der voltametrischen Versuche war folgendes. Der einer Akkumulatorenbatterie B (Fig. 1) entnommene Strom durchfloß einen Regulierwiderstand W, einen Meßwiderstand R und die Silbervoltameter S. Die Spannung an den Enden von R wurde mittels des Kompensationsapparates K und des Galvanometers G mit einem Weston-Elemente E indirekt verglichen; der Kompensationswiderstand K war dabei im wesentlichen Vergleichsmittel, da die Spannung an den Enden von R nahe gleich der des Weston-Elements gemacht wurde. Der Strom, welcher durch die Silbervoltameter hindurchfloß, wurde nach der ersten Einstellung nicht mehr reguliert, sondern man überließ den Strom sich selbst und bestimmte nur von Zeit zu Zeit das Verhältnis der Spannung an den Enden von R zu der des Normalelements E. Es ist überflüssig und unzweckmäßig, den Strom während des Versuches zu regulieren, da man in diesem Falle keine gleichmäßig verlaufende Kurve für die Stromänderungen erhält.

Bezeichnet G das Gewicht des Silberniederschlages in Gramm, E_t die elektromotorische Kraft des Normalelementes bei der Temperatur t, R die Größe des Meßwiderstandes, W_e die Einstellung am Kompensationsapparat für das Normalelement zur Zeit ϑ, W_r diejenige für die Spannung an den Enden von R zur selben Zeit, T die Dauer des Stromschlusses in Sekunden, so ist unter Berücksichtigung des Gesetzes vom 1. Juni 1898

$$G = 1118 \cdot 10^{-6} \frac{E_t}{R} \int_0^T \frac{W_r}{W_e} \, d\vartheta .$$

Streng genommen wäre es also am richtigsten, das Verhältnis W_r/W_e als Funktion von ϑ zu bestimmen und dann für die ganze Dauer des Stromschlusses zu integrieren. Da aber W_r und W_e nur kleine Änderungen erfahren, kann man statt dessen die Mittelwerte von W_r und W_e einzeln bilden.

Bezeichnet man diese Mittelwerte mit $[W_r]$ und $[W_e]$, so erhält man also für die Spannung des Normalelements

$$E_t = \frac{GR}{1118\,T} \cdot 10^6 \frac{[W_e]}{[W_r]} \text{ Volt}.$$

Der Mittelwert $[W_r]$ wurde graphisch bestimmt (s. später).

b) Schaltungseinrichtung. In der Fig. 1 haben die Buchstaben — außer den schon vorher erwähnten — folgende Bedeutung. U ist der Umschalter, der dazu dient, den Strom (*2, 5*) bei Beginn des Versuchs von dem Ersatzwiderstand W' (*1, 4*) auf die Voltameter S (*3, 6*) umzuschalten; durch diesen Umschalter wird gleichzeitig das Zeitsignal am Anfang und Ende des Versuchs gegeben. Zu diesem Zwecke sind die Kontakte *5* und *6* durch die Kondensatoren C und den einen Elektromagneten e_1 eines Chronographen verbunden, während ein zweiter Elektromagnet e_2, durch das Pendel einer Normaluhr Z betätigt, die Sekundenmarken liefert. Die Zeitmarken am Anfang und Schluß des Versuchs entstehen durch den Entladungs- bezw. Ladungsstrom der Kondensatoren[1]). Es waren dies 6 kleine Kondensatoren von je 2 Mikrofarad Kapazität mit ausgezeichneter Isolation, wie sie von Siemens & Halske A.-G. für die Reichs-Post-Verwaltung geliefert werden. Im gleichen Augenblick, in dem der Umschalter nach den Kontakten *3, 6* umgelegt wird, d. h. der Strom für die Silbervoltameter geschlossen wird, entladen sich die auf 72 Volt geladenen, nunmehr kurz geschlossenen Kondensatoren durch den Elektromagneten e_1, und es entsteht auf dem Papierstreifen im Chronographen ein kleiner Zacken als Zeitmarke für den Stromschluß. Ein ganz gleicher Zacken entsteht bei dem Öffnen des Stromes, indem sich in diesem Momente die Kondensatoren wieder laden, und der Ladungsstrom durch den Elektromagneten e_1 hindurchgeht. In den Voltameterkreis ist noch ein Amperemeter (*Amp.*) zur annähernden Einstellung der Stromstärke eingeschaltet. Der Regulierwiderstand W be-

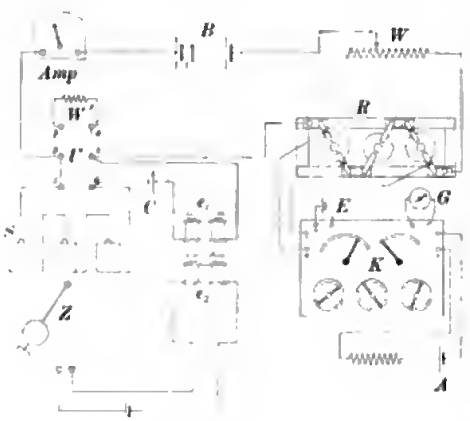


Fig. 1.

[1]) Vgl. die ähnliche Anordnung für kalorimetrische Messungen, *Ann. d. Physik* **21**, *S. 49—50. 1906*. An Stelle von Kondensatoren kam dort zu dem gleichen Zweck eine Aluminiumzelle zur Anwendung.

steht aus einem auf eine Messingröhre isoliert aufgewickelten Manganinwiderstand von etwa 200 Ohm, der sich in Petroleum befand und sich bei den Versuchen auf etwa 40° erwärmte, sowie aus einem Kurbelwiderstande (bis 40 Ohm). Der Ersatzwiderstand W' war von annähernd der gleichen Größe wie der Widerstand der Voltameter.

Der Meßwiderstand R war aus drei hinter einander geschalteten, in einem Petroleumbad befindlichen Manganinwiderständen von je 1 Ohm zusammengesetzt, und zwar bei den Versuchen 1 bis 3 aus den der Abteilung II gehörenden Normalwiderständen 1_D, 1_E, 1_F, bei den folgenden Versuchen aus 1_F und den Normalwiderständen Nr. 2205 und 2206 der Abteilung I der Reichsanstalt.

Der Kompensationsapparat mit 5 Kurbeln von O. Wolff besaß einen Gesamtwiderstand von 15000 Ohm, der von einem vom Akkumulator A gelieferten Strome von $^1/_{10000}$ Amp. durchflossen wurde. Als Nullinstrument bei der Kompensation diente ein Drehspulengalvanometer G von Siemens & Halske von hohem Widerstande.

Das Normalelement E (Weston-Element mit festem Kadminmsulfathydrat) stand mit mehreren anderen gemeinsam in einem Petroleumbad.

Der Umschalter U entspricht dem in den *Ann. d. Physik* **21.** *S. 50. 1906* abgebildeten und ist auf möglichst rasche Umschaltung eingerichtet.

Die Normaluhr wird wöchentlich mit der Uhr der Berliner Sternwarte auf chronographischem Wege verglichen und hat sehr nahe richtigen Gang.

c) Beschreibung eines Versuchs. Der Strom einer nicht allzu frisch geladenen Akkumulatorenbatterie von 72 Volt wurde unter Einschaltung des Ersatzwiderstandes W' geschlossen und am Regulierwiderstand mit Hülfe des Amperemeters (*Amp.*) auf etwa 0,34 Amp. eingestellt. Nachdem der Strom etwa 2 Stunden geschlossen war, wurde die genauere Regulierung unter Zuhülfenahme des Kompensationsapparates vorgenommen, der Chronograph eingeschaltet und nach Verlauf von 3 Min., wobei die vollen Minuten durch Auslassen der entsprechenden Sekundenmarken hervorgehoben wurden, der Strom momentan auf die Silbervoltameter umgeschaltet und damit gleichzeitig der Stromschluß auf dem Chronographenstreifen in der vorher beschriebenen Weise markiert.

Der Strom änderte sich anfangs ziemlich stark, um dann bald, je nach der Art der verwendeten Voltameter, mehr (bei der gebräuchlichen Form) oder weniger (bei der Richardsschen Form) konstant zu werden. Eine Nachregulierung des Stromes fand in keinem Falle statt, vielmehr wurde der Verlauf der Spannung an den Enden des Meßwiderstandes R, wie bereits erwähnt, dauernd verfolgt und am Kompensationsapparat gemessen, und zwar wurden diese Messungen gewöhnlich in der Weise ausgeführt, daß immer für eine bestimmte Einstellung am Kompensationsapparate der Zeitpunkt des Durchganges des Galvanometers durch die Ruhelage beobachtet wurde. Diese Messungen wurden nur etwa alle 10 bis 20 Minuten unterbrochen, um die Spannung des Normalelements einzustellen. Die Dauer der Elektrolyse betrug in den meisten Fällen (bei den späteren Versuchen immer) etwa 90 Minuten. Nachdem drei Minuten vor Schluß des Versuchs der Chronograph wieder eingeschaltet war, wurde der Strom geöffnet und damit zugleich die zweite Marke auf dem Zeitstreifen hervorgerufen.

Hierauf wurden sofort, soweit als möglich, alle Ablesungen noch einmal kontrolliert und dann die anderen mit dem Vergleichselemente zusammen in einem Petroleumbade befindlichen Normalelemente, von denen anfänglich 5, später 13 Stück benutzt wurden, durchgemessen. Die Temperatur dieses Bades sowie des anderen,

in dem sich die drei Normalbüchsen von 1 Ohm befanden, wurde etwa 2 Stunden vor Beginn der Messung so einreguliert, daß sie sich während derselben, wenn möglich, nicht mehr als 0,1° änderte.

3. Einzelheiten.

a) *Lösung.* Die Lösung bestand aus 20 Gewichtsteilen reinsten Silbernitrats in Stangen, bezogen von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M., die in 80 Teilen reinen destillierten, von C. A. F. Kahlbaum gelieferten Wassers gelöst waren. Die Lösung wurde nur einmal benutzt.

b) *Anoden.* Als Anoden dienten Zylinder aus Silber aus der eben erwähnten Anstalt, die eine Höhe von 30 *mm* und einen Durchmesser von 9 *mm* hatten und in der Achse an einem Silberdraht von 2 *mm* Durchmesser befestigt waren. Sie wurden nie so tief eingetaucht, daß dieser Draht von der Flüssigkeit benetzt wurde. Die Anoden, die bei jedem Versuch sich verkleinerten, dienten so lange zu Versuchen, bis ihr Durchmesser auf 4,5 *mm* gesunken war. Die nutzbare Oberfläche der Anoden betrug hiernach zu Beginn etwa 9 cm^2, nahm aber dauernd ab, bis sie häufig auf 4 cm^2 gesunken war, ohne daß sich durch die Verkleinerung der Anodenfläche hervorgerufene Störungen hätten bemerken lassen. Die Anodenstromdichte lag also bei der durchweg verwendeten Stromstärke von etwa 0,34 Amp. zwischen 0,04 bis 0,09 Amp./cm^2, hielt sich also weit unter der von dem deutschen Gesetze vorgeschriebenen Grenze.

c) *Kathoden.* Als Kathoden dienten ausschließlich Platintiegel, und zwar vier zylindrische und ein konischer. Diesen letzteren hatte Herr F. Kohlrausch bei seinen Messungen[1]) benutzt und der Reichsanstalt zu Vergleichsversuchen zur Verfügung gestellt. Die vier zylindrischen Tiegel wurden nach dem Voltameterversuch Nr. 3 im Sandstrahlgebläse mattiert, um ein festeres Haften des Silberniederschlages zu erzielen. Eine Verbesserung wurde jedoch durch diese Behandlung nicht erreicht, da sich auch weiterhin oft Flitter, z. T. in nicht unerheblicher Menge, ablösten. Eine Ursache für dies wechselnde Verhalten ließ sich nicht erkennen.

Die Daten für die Platintiegel sind in der folgenden Tabelle enthalten.

			zylindrische Tiegel				konischer Tiegel
			I	*II*	*III*	*IV*	*D*
der Tiegel	Höhe (*mm*)		61	55	58	60	50
	Durchmesser (*mm*)		51	50	52	53	38[2])
	Inhalt (*ccm*)		107,7	95,3	116,1	110,7	60,8
der Füllung etwa	Höhe (*mm*)		50	45,5	48	49,5	44
	Volumen	gewöhnliche Form (*ccm*)	88,5	78,5	95,5	91,0	56
		Richards' Form (*ccm*)	69,5	61,5	75,0	71,5	—
Kathodenfläche (cm^2)			80	71	78	82	52

Die Stromdichte an der Kathode betrug also 0,004 bis 0,0065 Amp./cm^2, während das Gesetz bis 0,01 Amp./cm^2 zuläßt.

[1]) *Ann. d. Physik* **26.** *S. 580. 1908.*

[2]) mittlerer Durchmesser.

d) Anordnung der Voltameter. Die Form und Montierung der Tiegel ist aus den Fig. 3 bis 6 (¼ bezw. ⅓ nat. Größe) und der photographischen Abbildnng Fig. 2 zu ersehen[1]). Fig. 2 zeigt die Montierung der Anode und Kathode für den Fall der Einrichtung nach Richards, die in Fig. 5 für die wesentlichen Teile im Schnitt dargestellt ist. Ans Fig. 3 ist die Montierung des Tiegels nnd der Anode für die gebräuchliche Form ohne Tonzelle ersichtlich; die Form der Halter in Aufsicht ist im unteren Teil der Figur gezeichnet. Einen Schnitt durch den Tiegel für diesen Fall, wobei unter der Anode ein Glasschälchen angebracht ist, zeigt Fig. 4. In Fig. 6 ist der von F. Kohlrausch benntzte Tiegel mlt Anode und Glasschälchen im Schnitt dargestellt. Die Form des bei den vorliegenden Messungen benntzten Glasschälchens sieht man in Fig. 2 anf der linken Seite, die Tonzelle sowie die Silberanode auf der rechten Seite. Die Abbildnng zeigt anch das über den Anodenhalter gehängte, in den Tiegel hineinragende Thermometer. Die Tiegel waren von einer Glasglocke umgeben, die in einer Rinne der aus Ebonit gefertigten Grundplatte stand (Fig. 2); anf dieser Grundplatte waren zwei Stangen befestigt, die mit den Stromzuführungsklemmen in Verbindung standen, und an denen mittels geeigneter, verschiebbarer Halter die Anoden und Kathoden befestigt wsren. Die Konstruktion ist ans der Abbildnng ohne weiteres ersichtlich. Um in dle Glocke andere Gase einleiten zn können, führten durch die Grundplatte zwei (in Fig. 2 u. 3 nicht vorhandene) Glasröhren, von denen die elne bis unter dle Wölbnng der Glocke relchte, während die andere nur wenig über die Grundplatte hervorragte. Die Rinne, in der die Glocke stand, wurde dann mit Qnecksilber gefüllt, sodaß der den Tiegel umgebende Ranm gasdicht abgeschlossen war.

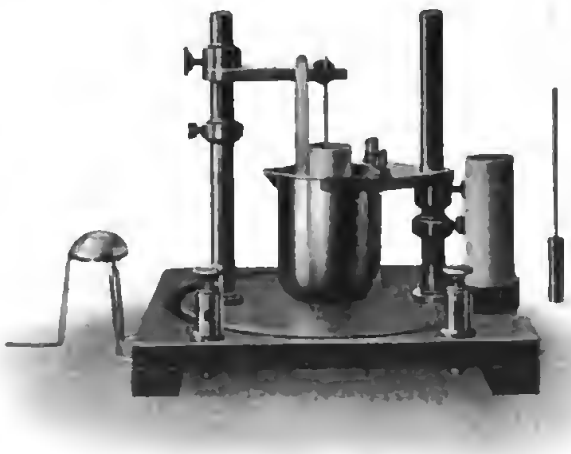
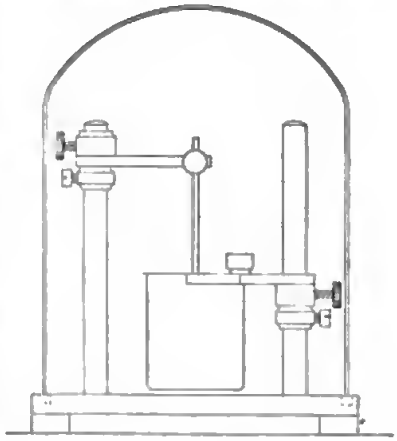


Fig. 2.



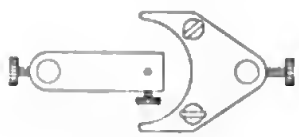


Fig. 3 (¼ nat. Gr.).

Bei den Versuchen ohne Tonzelle war die Anode (außer bei den Versuchen Nr. 1 bis 3 sowie bei den relativen Versnchen) von einer Hülle aus roher Seide nmgeben nnd nnterhalb derselben war eln Glasschälchen angebracht, dessen drei Arme anf dem Rand

[1]) Näheres über die Anordnnng des Kohlrauschschen Voltameters siehe F. Kohlrausch, *a. a. O. S. 587.*

des Tiegels anflagen (siehe Fig. 4 und 6). Die Anwendung der Seidenhülle ließ keinerlei Unterschied in den Resultaten hervortreten.

Bei den absoluten Messungen waren stets 3, bei den relativen 4 bis 5 Tiegel hinter einander geschaltet.

e) Voltameter nach Richards mit Diaphragma (siehe Fig. 2 u. 5). Zur Prüfung der von Richards angegebenen Form des Silbervoltameters wurde folgende Anordnung getroffen. Ein unten geschlossener, poröser Tonzylinder von 72 *mm* Höhe und 19 *mm* lichter Weite bei 1 *mm* Wandstärke wurde an seinem Boden mit einer enganschließenden Gummikappe versehen (siehe die Tonzelle auf der rechten Seite der Fig. 2 sowie Fig. 5), welche die Seitenwandungen bis zu einer Höhe von 11 *mm* bedeckte und verhinderte, daß die Stromlinien durch die poröse Wandung hindurch den Boden des

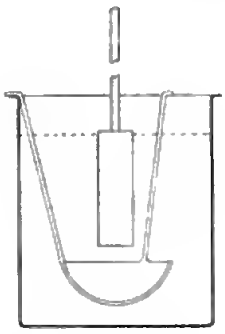


Fig. 4 (1/2 nat. Gr.).

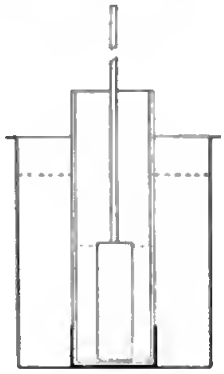


Fig. 5 (1/2 nat. Gr.).

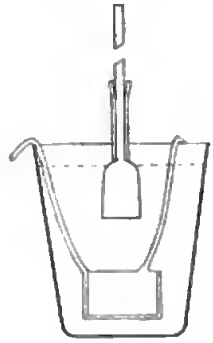


Fig. 6 (1/2 nat. Gr.).

Tiegels erreichten, sodaß auf der Unterseite der Tonzelle selbst kein Silber niedergeschlagen werden konnte. Diese Tonzelle wurde direkt auf den Boden des Tiegels gestellt und enthielt die Anode und die dieselbe umgebende Silbernitratlösung. Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, betrug die Niveau-Differenz innerhalb und außerhalb der Tonzelle 2 *cm*, sodaß eine Strömung von außen nach innen stattfand, die einer Diffusion etwa vorhandener, schädlicher Anodenprodukte wirksam entgegen arbeiten sollte. Die Anode wurde auch hier nur so tief eingetaucht, daß bei dem steigenden Niveau am Ende des Versuchs der die Anode tragende Draht auf keinen Fall von der Lösung berührt wurde.

Nach Beendigung jedes Versuchs wurden die Tonzellen öfters mit destilliertem Wasser ausgespült und dann mehrere Tage (bis zum nächsten Versuche) in destilliertem Wasser ausgelaugt, um Reste einer möglicherweise in den Poren eingeschlossenen Anodenflüssigkeit zu beseitigen.

(Fortsetzung folgt.)

Einfacher Quarzspektrograph.

Von

Otto Reichenheim in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Im allgemeinen sind die für das Studium des ultravioletten Spektrums benutzten Quarzspektrographen für Wellenlängenmessungen bestimmt und daher für hohe Auflösung konstruiert.

Der im folgenden beschriebene Apparat soll nicht zur genauen Messung von Spektrallinien dienen; er ist vielmehr dazu bestimmt, die Spektra schwacher Licht-

quellen, die nur eine kurze Lebensdauer besitzen, möglichst vollständig und mit einem Male aufzunehmen; zur Identifizierung der Linien dieser Spektra mit bekannten Wellenlängen genügt dann schon ein geringes Auflösungsvermögen. Ferner ist bei der Konstruktion des Apparates auf Handlichkeit und Transportfähigkeit Rücksicht genommen.

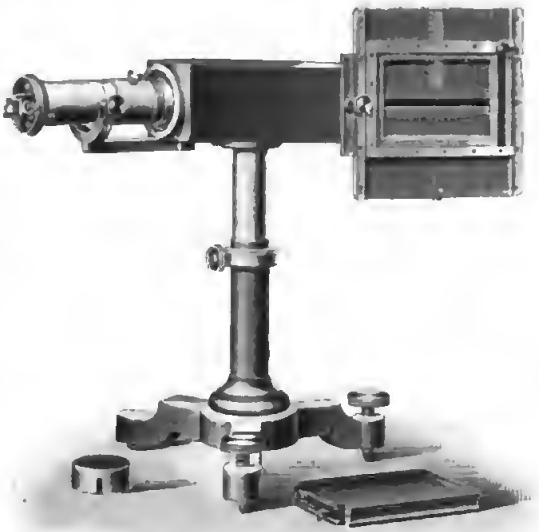


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt eine Gesamtansicht dieses Apparates, der von der Firma R. Fuess in Steglitz hergestellt worden ist (Preis 475 M.); er ist auf einem mit zwei Stellschrauben versehenen Dreifuß montiert und in der Höhe verstellbar. Fig. 2 stellt einen Schnitt durch den Apparat dar, aus dem die Anordnung der optischen Teile ersichtlich ist. Bei A wird der mit Mikrometerschraube regulierbare Spalt angebracht; B_1 und B_2 sind zwei Quarzlinsen von 3 *cm* Durchmesser und 15 *cm* Brennweite (für Na-Licht). C ist ein Cornusches Prisma, D ein mit Schlitz versehener Kassettenhalter, an dem die Kassette (für das Format 6×9 *cm*) entlang geschoben wird; auf einer Platte können 30 Aufnahmen gemacht werden. Die Optik des Apparates und die Stellung des Kassettenhalters sind so gewählt, daß das ganze ultraviolette und sichtbare Spektrum mit genügender

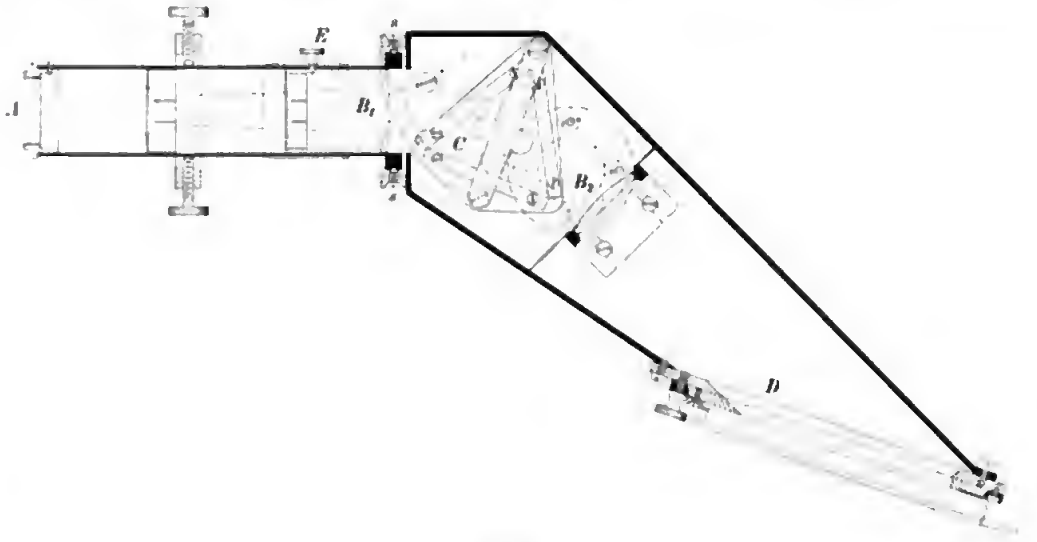


Fig. 2.

Schärfe auf der ebenen Platte abgebildet wird. Mit Hülfe eines bei E befindlichen schrägen Schlitzes ist die Länge des Kollimatorrohres zu verändern und auf diese Weise das Spektrum auf der Platte scharf einzustellen. Das Kollimatorrohr ist in der Ebene der Zeichnung beweglich; die Schrauben $s\,s$ sind um 90° gedreht dargestellt.

Ist der Apparat einmal richtig justiert, so bleibt er jederzeit für Spektralaufnahmen fertig hergerichtet, und man hat nur nötig, eine Platte in die Kassette einzulegen und zu exponieren.

Um ein Bild von der Lichtstärke und dem Auflösungsvermögen des Apparates zu geben, sind in Fig. 3 die Aufnahmen einiger Spektren in etwa $2^1/_2$-facher nat. Größe beigefügt; *a* ist eine Aufnahme des Kadmiumfunkens mit 4 Sek. Expositionszeit:

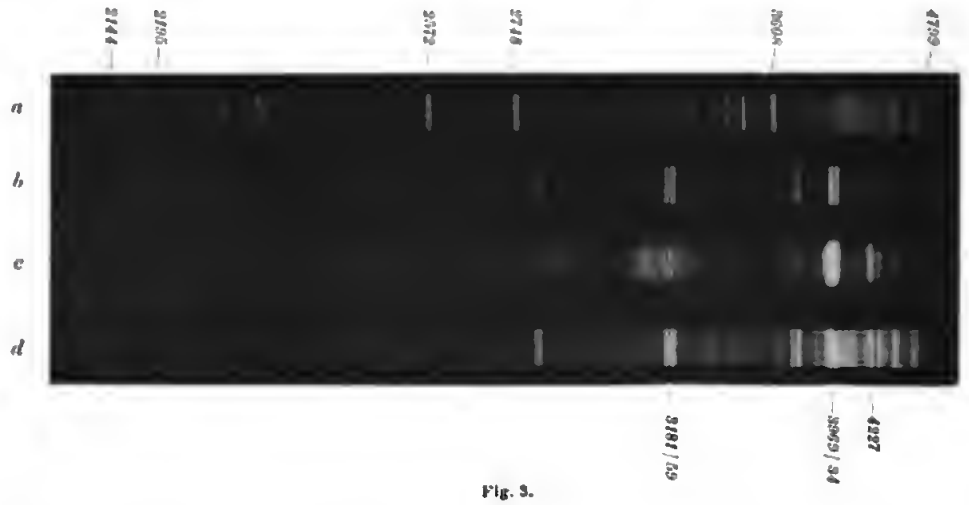


Fig. 3.

b und *d* sind Aufnahmen des Kalziumfunkens (Expositionszeit 4 und 8 Sek.); *c* ist eine viertelstündige Aufnahme eines Kalzium-Anodenstrahls. Die Aufnahme dieses im Vergleich zum Funken lichtschwachen Objektes zeigt am besten die Leistungsfähigkeit des Apparates. Es kam bei dieser Aufnahme, abgesehen von der Identifizierung der Linien, darauf an, die Intensitätsunterschiede der einzelnen Linien dieses Spektrums im Vergleich mit denen des Funkenspektrums zu konstatieren, und diese sind auf der Photographie deutlich zu erkennen.

Referate.

Die Mills-Expedition der Lick-Sternwarte nach der südlichen Halbkugel.

Publ. of the Lick Observatory **11.** *Part 1. 2 u. 3. Sacramento 1907.*

W. W. Campbell, Organisation und Geschichte. — W. H. Wright, Einleitender Bericht. — W. H. Wright, Beschreibung der Instrumente und Methoden.

Als Campbell in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts seine umfassenden Untersuchungen über die Radialgeschwindigkeiten der Fixsterne mit dem Mills-Spektrographen der Lick-Sternwarte begann, faßte er gleichzeitig den Plan, diese Untersuchungen später auch auf die in Kalifornien nicht sichtbaren Sterne der Südhalbkugel auszudehnen, da sich der Hauptzweck seiner Arbeit, die Bestimmung der Bewegung unseres Sonnensystems im Weltenraume, nur bei einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der beobachteten Sterne über die ganze Himmelskugel in der vollkommensten Weise erreichen ließ. Dieser Plan gelangte 1903 zur Ausführung, indem unter der Leitung von Wright eine zunächst nur auf zwei Jahre berechnete Beobachtungsstation auf dem Gipfel des 840 *m* hohen Cerro San Cristóbal, eines Rückens, der sich im Nordosten von Santiago de Chile 280 *m* über die Stadt erhebt, angelegt wurde. Die Hauptinstrumente der Station, die auch jetzt noch in

Tätigkeit ist, sind ein Cassegrainsches Spiegelteleskop und ein damit verbundener Dreiprismen-Spektrograph.

Die optischen Teile des Teleskops wurden von J. A. Brashear in Allegheny geliefert; die Montierung wurde nach Campbells Angaben von der Maschinenfabrik Fulton in Los Angeles und die Eisenkonstruktion der Kuppel von Warner & Swasey in Cleveland angefertigt.

Der parabolische Konkavspiegel hat eine versilberte Fläche von 93 *cm* Durchmesser und 533 *cm* Brennweite (1 : 5,7). Die Glasscheibe ist 152 *mm* dick und wiegt 252 *kg*; in der Mitte hat sie eine Durchbohrung von 124 *mm* Durchmesser, durch die der Strahlenkegel austritt. Der Spiegel ruht in einer gußeisernen Fassung, in der er seitlich durch sechs äquidistant an seinem Rande verteilte eiserne, durch Schrauben verstellbare Widerlager gehalten wird, während die Unterstützung der Rückseite an neun Stellen nach einer von Prof. Ritchey angegebenen Methode erfolgt. Bei dieser denkt man sich den ganzen Spiegel in eine Anzahl von gleich schweren Teilen zerlegt, deren jeder in seinem Schwerpunkte von der Rückseite her unterstützt wird. Die neun Unterstützungspunkte des Mills-Teleskops sind auf zwei Kreisen angeordnet, drei auf dem inneren, sechs auf dem äußeren. Von letzteren sind drei Punkte durch die Anschlagschrauben gebildet, die zur Justierung der Neigung des Spiegels dienen. Die übrigen sechs Unterstützungen sind nicht starr mit der Rückwand der Fassung verbunden, sondern werden durch einen einfachen Entlastungsmechanismus gebildet, der in jeder Lage des Teleskops genau dem über ihm liegenden Spiegelteile das Gleichgewicht hält. Wright hat den interessanten Versuch gemacht, die Verbiegung zu untersuchen, welche der Spiegel durch sein eigenes Gewicht erleidet, wenn man die sechs beweglichen Entlastungen ausschaltet. Auch wenn die Glasplatte allein auf den dann noch bleibenden drei Unterstützungspunkten ruhte, war keinerlei Verbiegung wahrnehmbar, und Wright glaubt daher, daß man diese durch die Schwere hervorgebrachten Verbiegungen bisher überschätzt habe; eine theoretische Untersuchung bestätigte dies.

Der kleine hyperbolische Spiegel, der sich 4 *m* vor dem großen befindet, hat etwa 24 *cm* Durchmesser. Seine mit Stellschrauben versehene Fassung wird von vier Stahlbändern von 2,5 *mm* Dicke und 76 *mm* Breite getragen. Er entwirft das Bild etwa 30 *cm* hinter der Rückseite des großen Spiegels, und die Brennweite des ganzen Systems beträgt 16,9 *m*, sodaß das Öffnungsverhältnis des Teleskops 1 : 18,2 wird.

Die Montierung wurde in der bei Spiegelteleskopen üblichen Form ausgeführt. Bemerkenswert ist die von Campbell angegebene, sehr einfache Vorrichtung, die das sonst mit Uhrkreis und Uhrschraube angreifende Triebwerk ersetzt. Am unteren Ende der Polarachse kann ein eiserner Sektor von 2,4 *m* Halbmesser so festgeklemmt werden, daß er nach Westen gerichtet ist und daher durch sein Gewicht die Achse in der Richtung der täglichen Bewegung herumzudrehen sucht. Die Geschwindigkeit der Drehung wird durch ein auf den Umfang des Sektors gelegtes Drahtseil reguliert, welches sich von der Trommel eines Uhrwerks abwickelt; auf diese Art wird auch das Uhrwerk durch das Gewicht des Sektors angetrieben.

Besondere Beobachtungen wurden zur Untersuchung der Veränderungen der Lage des Fokus ausgeführt. Die Prüfung nach der Foucaultschen Messerschneidenmethode ergab, daß das Teleskop in den Abendstunden sphärisch unterkorrigiert war; die Randstrahlen hatten etwa 20 *mm* kürzere Brennweite, als die Mittelstrahlen. Im Laufe der Nacht nahm dieser Fehler ab, und es zeigte sich, daß das System nach längeren Perioden konstanter Temperatur nur noch geringe Zonenfehler hatte. Auch die Gesamtbrennweite des Teleskops verlängerte sich namentlich vor Mitternacht um 15 bis 20 *mm*. Alle diese Veränderungen hängen mit den Temperaturschwankungen zusammen und lassen sich sehr vermindern, wenn man verhindert, daß der Spiegel die Tageswärme annimmt. Um dies zu erreichen, hat daher später Dr. Curtis eine Kühleinrichtung konstruiert, die auch während des Tages den Spiegel ungefähr auf der Nachttemperatur erhält.

Von Interesse ist auch die von Wright ausgeführte Messung des durch die Reflexion an den beiden Spiegeln und durch die Beschattung des großen Spiegels durch den kleinen

bewirkten Lichtverlustes. Während das Teleskop auf den Südpol gerichtet war, wurden nacheinander zwei Spektralaufnahmen des Tageslicht-Spektrums gemacht, das eine mit dem vollständigen Teleskop, das zweite nach Beseitigung des kleinen Spiegels. Im zweiten Falle erhielt der Spalt seine Beleuchtung direkt vom blauen Himmel. Die Vergleichung der zur Erlangung gleich stark geschwärzter Spektra nötigen Belichtungszeiten ergab, daß bei Verwendung des Teleskops etwa 45 % des einfallenden Lichts auf den Spalt gelangen. Für den Lick-Refraktor fand Dr. Moore im Jahre 1904 einen Nutzeffekt von 51 % für Licht von der Wellenlänge Hγ, während Vogel für den großen Potsdamer Refraktor aus den Absorptionsmessungen der Gläser 49 % berechnete.

Der Spektrograph der Mills-Expedition enthält drei Prismen von 63° 28′ (vgl. *diese Zeitschr.* **20**, *S. 27, 1900*) aus dem Jenaer Flintglas O 102. Das Kollimatorobjektiv ist eine verkittete dreifache Linse von 43 *mm* freier Öffnung und 80 *cm* Brennweite, korrigiert für Hγ. Als Kameraobjektiv dient eine ebensolche Linse von Brashear mit 63 *mm* Öffnung und 54 *cm* Brennweite; außerdem ist noch eine Kamera von 40 *cm* Brennweite vorhanden.

Von großer Bedeutung ist die von Campbell bei der Konstruktion dieses Spektrographen zum erstenmal durchgeführte Sicherung gegen die Verbiegung durch das Eigengewicht des Apparats. Es war bisher Sitte, die Spektrographen nur mit einer etwa in der Spaltebene und daher am äußersten Ende des Instruments liegenden Anschlagfläche am Okularende des Fernrohrs zu befestigen. Ähnlich wie bei einem nur mit seinem einen Endpunkte eingeklemmten Stabe mußte in den verschiedenen Lagen, die der Spektrograph während der Aufnahmen einnimmt, eine wechselnde Durchbiegung eintreten. Dazu kam dann noch, daß die Bauart der Apparate häufig dieser Biegung wenig Widerstand entgegensetzte. Campbell ist nun von diesem Prinzip der Befestigung abgewichen. Der Spektrograph der Mills-Expedition wird von einem am Teleskop befestigten kräftigen Gestell aus L-Schienen an *zwei* Stellen getragen; der eine Stützpunkt liegt am Spaltende des Kollimators, der andere in der Nähe der Prismenbüchse. Die angestellten Versuche haben ergeben, daß dieser Apparat so gut wie biegungsfrei ist.

Gegen Temperaturänderungen wird der Spektrograph durch eine elektrische Heizeinrichtung ähnlich wie der Potsdamer Spektrograph III geschützt. *J. H.*

Über die Bewegung von Niveaublasen.

Von J. Bonsdorff. *Mitt. d. Nikolai-Hauptsternwarte zu Pulkowo* **2**, *S. 43. 1907.*

Wenn bei Beobachtungen eine empfindliche Libelle verwendet wird, so ist es von Vorteil, die Zeit zu kennen, in der die bewegte Blase wieder zur Ruhelage zurückkehrt; man kann dann die Beobachtungen so anordnen, daß mit dem kleinsten Zeitaufwand die größte Arbeitsleistung erreicht wird. Es ist bekannt, daß die Dauer der Bewegung einer Libellenblase abhängig ist von der Länge der Blase; der Verf. hat in der hier anzuzeigenden Arbeit die Art dieser Abhängigkeit für einige Libellen näher bestimmt. Es sind vier Libellen an Pulkowoer Instrumenten untersucht worden, die zwei Horrebow-Libellen und die Achsenlibelle des großen Zenitteleskops sowie das Achsenniveau des Durchgangsinstruments im I. Vertikal. Drei von den vier Libellen stammen von Reichel, eine von Peßler her; drei sind äußerst feine Libellen (1,4″, 1,3″ und 0,8″ Teilwert, je bei 1 Par. Lin. Länge der Teile, entsprechende Krümmungshalbmesser $r = 331$, 367 und 580 *m*), eine (von Reichel) ist etwas weniger empfindlich, 3,3″ für den Teil von 2 *mm* Länge ($r = 125$ *m*).

Die Bewegung der Libellenblasen ist der eines stark gedämpften Pendels sehr ähnlich. Bei den drei sehr feinen Libellen zeigte sich die Bewegung aperiodisch, die der 3,3″-Libelle zeigte eine Periodizität, die mit verkleinerter Blasenlänge abnahm.

Die Beobachtungen lassen sich durch die Gleichung

$$\frac{d^2\Theta}{dt^2} + 2k \cdot \frac{d\Theta}{dt} + n^2(\Theta + \varrho) = 0 \qquad 1)$$

sehr gut darstellen, in der Θ den Ausschlagswinkel der Blase (Momentanlage minus Ruhelage) bedeutet und k, n, ϱ Konstanten sind. Das Integral dieser Gleichung entspricht der ersten, zweiten, dritten der folgenden Gleichungen, je nachdem

$$n > k, \quad n = k, \quad n < k$$

ist:

$$\left.\begin{array}{lll} n > k & \Theta + \varrho = e^{-kt}(A_1 \cos \mu t + A_2 \sin \mu t), & \text{Bewegung periodisch} \\ n = k & \Theta + \varrho = e^{-kt}(C_1 t + C_2), & \text{Bewegung aperiodisch} \\ n < k & \Theta + \varrho = B_1 e^{-c_1 t} + B_2 e^{-c_2 t}, & \text{Bewegung aperiodisch} \end{array}\right\} \quad 2)$$

dabei ist

$$\mu^2 = n^2 - k^2, \qquad c_1 = k\left(1 - \sqrt{1 - \frac{n^2}{k^2}}\right), \qquad c_2 = k\left(1 + \sqrt{1 - \frac{n^2}{k^2}}\right), \quad 3)$$

während A_1, A_2; C_1, C_2; B_1, B_2 Integrationskonstanten sind. Die Werte n, k, ϱ sind aus den Beobachtungen zu bestimmen; es sind für gleich abständige Werte von t (1^s, bei einer der Libellen $^1/_2{}^s$) die Θ durch graphische Interpolation aus den beobachteten Ausschlagswinkeln abgelesen, sodann aus ihnen durch mechanische Differentiation die $\frac{d\Theta}{dt}$ gebildet und aus diesen ebenso die $\frac{d^2\Theta}{dt^2}$. Durch Einsetzen in die Differentialgleichung 1) erhält man für jedes t eine Gleichung von der Form

$$\alpha k + \beta n^2 + n^2 \varrho = \lambda \qquad 4)$$

und aus dem System dieser Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werte für k, n^2 und $n^2\varrho$.

Für die oben genannten vier Libellen hat der Verf. die Schwingungskonstanten der Blase auf diese Art bestimmt, je für verschiedene Θ_0 (größter Ausschlag der Blase, der Zeit $t = 0$ entsprechend); die Θ werden in der Einheit Θ_0 gemessen. Die mittleren Fehler einer Gleichung bei der Durchführung der Ausgleichung gehen beim Niveau 1 von $\pm 0{,}0012$ bis $\pm 0{,}0063$, bei 2 von $\pm 0{,}0013$ bis $\pm 0{,}0040$, bei 3 von $\pm 0{,}0008$ bis $\pm 0{,}0020$, endlich bei 4 von $\pm 0{,}0021$ bis $\pm 0{,}0055$. Da die v fast überall einen ausgesprochenen Gang zeigen (die Koeffizienten der Gleichungen sind ja nicht direkte Beobachtungsergebnisse, sondern selbst schon aus Ausgleichungen hervorgegangen), so versuchte der Verf. durch Hinzufügung eines Gliedes von der Form

$$h\left(\frac{d\Theta}{dt}\right)^2 \qquad 5)$$

die Darstellung der Beobachtungen zu verbessern, jedoch ohne Erfolg.

Eine Abhängigkeit der Konstanten n von der Blasenlänge konnte nirgends festgestellt werden. Im Mittel der einzelnen Bestimmungen findet sich

$$\left.\begin{array}{llll} \text{für die Libelle P} & n = +0{,}263 & \text{für die Libelle R} & n = +0{,}244 \\ \text{„ „ „ R 6260} & n = +0{,}267 & \text{„ „ „ R 6261} & n = +0{,}610 \end{array}\right\} \quad 6)$$

Diese Zahlen zeigen, daß n nicht dem Ausdruck

$$n_1 = \sqrt{\frac{g}{r}} \quad (r \text{ Krümmungshalbmesser}) \qquad 7)$$

entspricht, d. h. daß n nicht nur eine Folge der Schwerkraft sein kann, sondern daß noch andere, „innere“ Kräfte wirksam sind, übrigens im gleichen Sinn wie g, da die n_1 nach Gl. 7) durchschnittlich nur etwa 0,6 der berechneten wirklichen n betragen.

Dagegen zeigt k und also $(n - k)/n$ mit aller Deutlichkeit einen Gang mit der Blasenlänge: mit kleinerer Länge nimmt $(n - k)/n$ ab, sodaß die Bewegung immer stärker aperiodisch wird, je kürzer die Blase ist. Das Gesetz der Abhängigkeit zwischen der Blasenlänge und dem Wert $(n - k)/n$ läßt sich allerdings aus den vorliegenden Beobachtungsreihen nicht bestimmen, wohl aber ziemlich gut die Blasenlänge l_0, bei der die Bewegung die Grenze der Aperiodizität überschreitet.

Der Wert von ϱ ist überall verschwindend klein und kann ganz vernachlässigt werden.

Das *Ergebnis der Untersuchung* ist im ganzen: Die Bewegung einer Niveaublase kann sehr genau durch die für die Pendelbewegung bei Widerstand geltende Gleichung

$$\frac{d^2\Theta}{dt^2} + 2k \cdot \frac{d\Theta}{dt} + n^2(\Theta + \varrho) = 0$$

dargestellt werden, in der $\varrho = 0$ gesetzt werden darf. Die Konstante n ist außer durch die Schwerkraft noch durch andere Kräfte beeinflußt. Nach Bestimmung von n und k für eine bestimmte Libelle (wobei zu beachten ist, daß $(n - k)/n$ mit der Blasenlänge abnimmt und mit $n = k$ die Bewegung aperiodisch wird) kann man stets angeben, nach welcher Zeit die bewegte Blase der Libelle zur Ruhe kommt und also abgelesen werden darf. Der kleinste Zeitaufwand wird erhalten, wenn man die Blasenlänge anwendet, bei der $n = k$ ist.

Der Verf. stellt noch die Ergebnisse von Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Bewegung von Libellenblasen in Aussicht; vorläufige Rechnungen haben ihm gezeigt, daß k mit wachsender Temperatur etwas abnimmt. *Hammer.*

Trigonometrischer Rechenschieber.

Von M. J. Eichhorn. *Nach einem Prospekt.*

In immer neuen Formen und immer zahlreicher tauchen Anwendungen des Prinzips des logarithmischen Rechenschiebers als „Spezialrechenschieber" auf, besonders für bestimmte Aufgaben des konstruierenden Ingenieurs. Es sei bei dieser Gelegenheit hingewiesen auf den kürzlich erschienenen Rechenschieber „Turbo" (Turbinenrechenschieber), von Ing. Hoff entworfen und von A. Martz in Stuttgart ausgeführt (vgl. den Prospekt von Martz und die Schrift: Hoff, Der Turbinenrechenschieber und seine Anwendung zur Projektierung von Wasserkraftanlagen, Berlin 1908), der beim Berechnen von Wasserturbinen, beim Entwerfen von Wasserkraftanlagen jeder Art und besonders von hydroelektrischen Zentralen gute Dienste leisten wird.

Was das im vorliegenden Prospekt angekündigte Werkzeug angeht, so hat es sein Urheber, Elektroingenieur Eichhorn (Chicago, Aberdeen Street 5759), zur Auflösung ebener Dreiecke entworfen, speziell für den Fall, daß zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel gegeben sind: es ist ein Hilfsmittel zur genäherten Rechnung von c nach der Gleichung

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma;$$

übrigens kann man auch alle andern „Fälle" des ebenen Dreiecks mit diesem Schieber auflösen, z. B. direkt, nicht durch Versuche, auch die Berechnung der Winkel, wenn die drei Seiten gegeben sind.

Ob es sich — es ist nur bei *sehr* häufigem Auftreten solcher Dreiecksaufgaben möglich — in der Tat verlohnt, für diese Aufgaben einen besonders eingerichteten Rechenschieber neben dem gewöhnlichen zu halten, möchte der Ref. ohne ausgiebigen praktischen Gebrauch nicht entscheiden; erinnert sei aber daran, daß man mit dem gewöhnlichen Rechenschieber, mit *Sin-* und *Tang*-Teilung auf der Rückseite der Zunge, trigonometrische Aufgaben über das ebene Dreieck nicht unbequem auflöst (vgl. z. B. die Broschüre des Ref.: Der logarithmische Rechenschieber und sein Gebrauch. 4. Aufl. Stuttgart 1908. *S. 71 u. flgde*).

Hammer.

Über scheinbare Abweichungen vom Mariotteschen Gesetz und deren Einfluß auf die Messung kleiner Drucke.

Von K. Scheel und W. Heuse. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **10.** *S. 785. 1908.*

Baly und Ramsay gelangten in einer Untersuchung über die Gültigkeit des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes bei kleinen Drucken oberhalb 2,5 *mm* zu dem Resultat, daß verdünnte Luft, die in einem McLeodschen Manometer komprimiert wurde, der Bedingung $pv = \text{konst.}$ nicht genügte. Die Abweichungen von diesem Gesetz waren für verschiedene Manometer verschieden und um so größer, je weiter die Kompression fortschritt.

Dagegen fand Lord Rayleigh, welcher mit Drucken zwischen 0,01 und 1,5 *mm* und mit Kompressionen vom Einfachen auf das Fünffache in weiten Gefäßen arbeitete, das Mariottesche Gesetz für Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bis auf 0,001 *mm* Druck voll bestätigt.

Wenn man, was selbstverständlich erscheint, diesen Schluß Lord Rayleighs auf Luft verallgemeinert, so ergibt sich eine Abweichung gegenüber den Resultaten von Baly und Ramsay, deren Grund wohl nur darin gesucht werden kann, daß jener die Kompression in weiten Gefäßen, diese in Kapillaren ausführten. Es scheint also das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen des benutzten Gefäßes für das Verhalten von Luft bezüglich des Mariotteschen Gesetzes maßgebend zu sein.

Um diese Verhältnisse zu klären, wurde eine Anordnung benutzt, welche im wesentlichen aus Manometer und Kompressionsapparat besteht. Das Manometer ist demjenigen von Lord Rayleigh (*diese Zeitschr. 21. S. 271. 1901*) nachgebildet und erlaubt Druckunterschiede in seinen beiden Kammern von 0,001 *mm* noch mit Sicherheit festzustellen.

Der Kompressionsapparat bestand aus drei parallel geschalteten, kalibrierten Volumenometergefäßen von rund 100, 200 und 400 *ccm*, welche durch aufsteigendes Quecksilber unabhängig voneinander gefüllt werden konnten; das gesamte schädliche Volumen betrug 77 *ccm*. Mit dem Kompressionsapparat konnte nach Bedarf ein viertes, ebenfalls ausgemessenes Gefäß von rund 100 *ccm* in Verbindung gesetzt werden. Das Gefäß diente zur Verwirklichung des leitenden Gedankens, das Verhältnis von Oberfläche und Volumen eines Hohlraumes zu ändern, zu welchem Zwecke es mit 10 bezw. 20 *g* Glaswolle angefüllt wurde. Aus der Fadendicke der Glaswolle, 0,02 *mm*, berechnet sich die Oberfläche von 1 *g* derselben zu etwa 8 *qdm*, diejenige der benutzten Füllungen also zu etwa 80 bezw. 160 *qdm*. Durch die Anwesenheit der Glaswolle wird das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen des 100 *ccm* fassenden und $2^1/_2$ *cm* weiten Gefäßes gleich demjenigen in einer Kapillarröhre von 0,5 bezw. 0,25 *mm* Durchmesser.

Die Versuche *ohne* Glaswolle werden durch Wiedergabe des folgenden Beispieles charakterisiert.

p	v	pv
0,068 *mm*	804,2 *ccm*	54,9
0,145 „	382,2 „	55,5
0,310 „	179,8 „	55,8
0,726 „	77,0 „	55,9

Demgegenüber ist bei dem folgenden Versuch *mit* 20 *g* Glaswolle die von Baly und Ramsay beobachtete scheinbare Abweichung vom Mariotteschen Gesetz ganz augenfällig.

p	v	pv
0,159 *mm*	899,2 *ccm*	142,8
0,277 „	477,2 „	132,2
0,457 „	274,8 „	125,5
0,708 „	172,0 „	121,7

Die Abweichung verschwindet aber mehr und mehr, je weiter die Austrocknung des Apparates fortschreitet, konnte aber durch Einbringen von Wasserdampf von einem der Zimmertemperatur entsprechenden Sättigungsdruck wiedererhalten werden.

Die Gesamtheit aller bezüglichen Beobachtungen berechtigt zu der Annahme, daß die scheinbaren Abweichungen der Luft vom Mariotteschen Gesetz auf der Bildung einer Wasserhaut auf der Oberfläche im Innern der Kompressionsgefäße beruhen, nach deren Entfernung sie verschwinden.

Dieser Schluß legt die Vermutung nahe, daß die Brauchbarkeit des McLeodschen Manometers in hohem Grade durch die Anwesenheit von Feuchtigkeit bezw. einer Wasserhaut beeinträchtigt wird. Um dies zu untersuchen, wurde ein McLeodsches Manometer

Digitized by Google

aus Thüringer Glas an das Kompressionsgefäß angeschlossen. Der Rezipient desselben faßte etwa 100 *ccm*, die Kapillare hatte bei einer Länge von etwa 40 *cm* etwa 0,6 *mm* Durchmesser. Dieselbe Weite hatte das zur Ablesung benutzte Steigrohr. Das Manometer wurde vor seiner Benutzung mit konzentrierter Salpetersäure und destilliertem Wasser gereinigt.

In den folgenden, ausgewählten Beispielen bezeichnet p den Druck, unter dem die Luft in der Kapillare des McLeodschen Manometers steht, v das zugehörige Volumen, P den hieraus in der üblichen Weise abgeleiteten Druckwert, endlich $\mathfrak{P}$ den aus den Angaben des Rayleighschen Manometers durch Kompression auf die Hälfte des Volumens berechneten absoluten Druck.

War das Vakuum durch Kokosnußkohle in flüssiger Luft *schnell* hergestellt, so ergab sich

$\mathfrak{P} = 0{,}011$ *mm*

p	v	pv	P
9,3 *mm*	67,4 *ccm*	626	0,007 *mm*
14,0 „	38,8 „	543	0,006 „
27,4 „	17,7 „	484	0,005 „
80,7 „	5,3 „	425	0,004 „

Es zeigt sich hier nicht nur der erwartete Unterschied zwischen den Angaben des Rayleighschen und des McLeodschen Manometers, sondern auch, daß das letztere je nach der Stelle der Ablesung nur $^2/_3$ bis $^1/_3$ des wahren Druckes ergibt. Die Unterschiede verschwanden, als der Apparat bis zum nächsten Tage im Vakuum mit Phosphorpentoxyd in Verbindung gestanden hatte.

$\mathfrak{P} = 0{,}011$ *mm*

p	v	pv	P
14,7 *mm*	66,2 *ccm*	973	0,010 *mm*
25,8 „	40,0 „	1033	0,011 „
45,4 „	22,9 „	1038	0,011 „
102,7 „	10,5 „	1077	0,011 „

Ein ähnliches Verhalten wurde beobachtet, als man den Apparat 20 Stunden lang mit Wasserdampf von etwa 10 *mm* Druck hatte stehen lassen, dann kurze Zeit mit Zimmerluft von Atmosphärendruck gefüllt und 10 Minuten lang mit einer Gaede-Pumpe evakuiert hatte. Hier ergab das McLeodsche Manometer nur etwa $^1/_5$, nach weiterem halbstündigen Abschluß vom Trockenmittel gar nur $^1/_3$ bis $^1/_8$ des wahren Druckes. Auch beim Füllen des getrockneten Apparates mit atmosphärischer Luft genügte die in dieser enthaltene Feuchtigkeit, um nach Evakuierung die Angaben des McLeodschen Manometers ganz erheblich zu fälschen. Dagegen brachte in allen Fällen energisches Trocknen des Apparates die Angaben des McLeodschen Manometers mit dem Rayleighschen Manometer wieder in Übereinstimmung.

Die angestellten Untersuchungen ergeben, daß das McLeodsche Manometer sehr wohl zur exakten Messung kleiner Drucke in atmosphärischer Luft zu brauchen ist, nur muß sorgfältig alle Feuchtigkeit aus der Luft und von den Glaswänden entfernt werden. Bei dem benutzten Manometer aus Thüringer Glas mit 0,6 *mm* weiten Kapillaren, das vor Inbetriebsetzung und vor dem Zuschmelzen der Kapillare sorgfältig mit konzentrierter Salpetersäure und destilliertem Wasser gereinigt ist, genügt hierfür eine halbstündige Verbindung mit Phosphorpentoxyd unter niedrigem Druck. Es genügt aber nicht bei Anwendung schnell wirkender Pumpen die Verbindung mit dem Trockenmittel nur während der Zeit des Pumpens. Druckmessungen, welche 10 Minuten nach Inbetriebsetzung einer solchen Pumpe mit dem McLeodschen Manometer vorgenommen werden, führen notwendigerweise zu falschen Druckwerten, die um so unrichtiger sind, je höher die Kompression der Luft bei der Messung getrieben wird.

Diese Resultate gelten zunächst nur innerhalb des benutzten Druckintervalls abwärts bis 0,01 *mm* Hg. *Schl.*

Die Eisenlinien als Vergleichsspektrum bei relativen spektroskopischen Messungen.

Von H. Buisson und Ch. Fabry. *Compt. rend.* ***144.*** *S. 1155. 1907.*

Die Verf. haben durch Messungen im Ultravioletten die Liste der Wellenlängen vervollständigt, welche sie früher veröffentlicht hatten (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* ***27.*** *S. 132. 1907*). Von geringen Änderungen abgesehen ist die Messungs-Methode die frühere. Für die spektrale Zerlegung wurde ein Spektroskop mit Quarz-Objektiven und ebenem Gitter benutzt. Die Haidingerschen Interferenzringe werden wieder durch zwei parallele versilberte Flächen erzeugt, jedoch bestehen die beiden Platten aus Quarz, und ihr Abstand beträgt nur etwa 2,5 *mm*.

Das chemisch niedergeschlagene Silber besitzt für die Wellenlängen 330 bis 280 ein sehr schwaches Reflexionsvermögen, während das durch Kathoden-Zerstäubung erhaltene Silber nicht immer diese Besonderheit zeigt. Über 330 hinaus wurden Flächen benutzt, die durch Kathoden-Zerstäubung entweder versilbert oder auch vernickelt waren.

Als Lichtquelle dient der elektrische Lichtbogen, der sich zwischen Eisenstiften von 3 *mm* Durchmesser bei 3 bis 6 Amp. bildet und unter Einschaltung eines passenden Widerstandes durch eine Batterie von 110 oder 220 Volt gespeist wird. Der Bogen brennt sehr ruhig; eine Reguliervorrichtung ist ganz überflüssig, denn der Abbrand der Eisenstifte erfolgt sehr langsam.

In der Gegend der kleinen Wellenlängen sind die Spektren des positiven und negativen Teiles des Bogens merklich verschieden. Die gemessenen Linien gehören dem positiven Teile an.

Um die Lücken im Eisenspektrum auszufüllen, mußten noch einige andere Linien hinzugenommen werden: bei 580 vier Nickellinien (Bogen zwischen Nickelstiften), bei 480 zwei Manganlinien (erscheinen im Bogenspektrum des Eisens bei Anwendung von Elektroden aus känflichem Eisen), bei 250 drei Siliziumlinien (Bogen zwischen gewöhnlichen Kohlen, deren positive eine Dochtkohle ist).

	237,3737	327,1003	414,7677	490,3324	558,6770
	241,3310	332,3739	419,1441	491,9006	561,5658
Si	243,5159	337,0789	423,3615	496,6104	565,8835
Si	250,6904	339,9837	428,2407	500,1880	570,9396
Si	252,8516	344,5155	431,5089	501,2072	Ni 576,0843
	256,2541	348,5344	435,2741	504,9827	576,3013
	258,8016	351,3820	437,5935	508,3343	Ni 580,5211
	262,8296	355,6879	442,7314	511,0415	Ni 585,7760
	267,9065	360,6681	446,6554	512,7364	Ni 589,2882
	271,4419	364,0391	449,4572	516,7492	593,4683
	273,9550	367,7628	453,1155	519,2362	595,2739
	277,8225	372,4379	454,7854	523,2958	600,3039
	281,3290	375,3615	459,2658	526,6568	602,7059
	285,1800	380,5346	460,2944	530,2316	606,5493
	287,4176	384,3261	464,7437	532,4196	613,7700
	291,2157	386,5526	467,8855	537,1498	619,1569
	294,1347	390,6481	470,7287	540,5780	623,0732
	298,7293	393,5818	473,6785	543,4530	626,5147
	303,0152	397,7745	Mn 475,4046	545,5616	631,8029
	307,5725	402,1872	478,9657	549,7521	633,5343
	312,5661	407,6641	Mn 482,3521	550,6783	639,3612
	317,5447	411,8552	485,9756	553,5418	643,0859
	322,5790	413,4685	487,8226	556,9632	649,4994

Die vorstehende Tabelle enthält die Wellenlängen der 115 Linien in $\mu\mu$ in trockener Luft von 15° und 760 *mm* Druck unter Zugrundelegung des kürzlich von Benoit, Fabry und Perot für die rote Kadminmlinie erhaltenen Wertes 643,84696 $\mu\mu$ (vgl. das Referat in *dieser*

Zeitschr. 28. S. 309. 1908). Die früher veröffentlichten Werte von 84 Linien differieren ein wenig von den folgenden Werten, da erstens die früheren Werte auf die von Michelson und Benoit bestimmte Wellenlänge 643,84722 bezogen waren und zweitens ein kleiner Irrtum untergelaufen war, indem eine Korrektion mit dem verkehrten Vorzeichen angebracht wurde. Nur die früher irrtümlich als Eisenlinie aufgeführte Manganlinie 475,4046 war sehr unrichtig gemessen worden.

Rowland hat alle Eisenlinien im Sonnenspektrum gemessen. Wenn es nun auch wahrscheinlich ist, daß diese unter anderen Bedingungen erzeugten Linien nicht genau die gleiche Wellenlänge besitzen wie die Linien im Bogenspektrum, so sind die Unterschiede doch nur sehr gering, und es liegt kein Grund zu der Annahme vor, daß sie eine systematische Funktion der Wellenlänge seien. Berücksichtigt man dies, so bestätigt ein Vergleich der Rowlandschen Zahlen mit den oben angeführten Werten wieder das früher von Perot und Fabry (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr. 22. S. 92. 1902*) für die Sonnenlinien des sichtbaren Spektrums erhaltene Resultat, daß die von Rowland gemessenen Wellenlängen mit merklichen, regelmäßig verlaufenden Fehlern behaftet sind, die ein Hunderttausendstel des Wertes erreichen können. *Schck.*

Bücherbesprechungen.

Ch. L. Crandall, *Text-Book on Geodesy and Least Squares.* gr. 8°. X, 329 S. New York, J. Wiley & Sons 1907. Geb. 13 M.

Der Grund, aus dem dieses für die Studierenden der Bauingenieurwissenschaften an der Cornell-Universität bestimmte Lehrbuch in dieser Zeitschrift kurz angezeigt werden soll, ist der, daß es einen wenn auch knappen Überblick ermöglicht über die Unterschiede geodätischer Instrumente und Methoden in den Vereinigten Staaten im Vergleich mit den unsrigen. Es enthält auch zahlreiche historische Notizen, die freilich, soweit sie nicht amerikanische Dinge betreffen, nicht überall zuverlässig sind; so hat z. B. keineswegs Ol. Römer 1672 zuerst einen ganzen Kreis verwendet, er hat dies nur zuerst im Meridiankreis, seiner berühmten „*rota meridiana*“, und in einigen anderen astronomischen Instrumenten (hier aber nicht zuerst) getan, in der Geodäsie oder Topographie ist schon der „*Theodelitus*“ um 100 Jahre älter, und die Verwendung geteilter ganzer Kreise überhaupt geht bekanntlich sehr weit zurück.

Manche interessante Mitteilung über amerikanische Instrumente zieht der Verf. aus bei uns nicht leicht zugänglichen Quellen an, z. B. die Ergebnisse von Woodward über die durch äquidistante Mikroskope nicht eliminierbaren Fehler des Teilkreises (*Reports Chief of Engrs. U. S. A., 1879 Part III, S. 1974*) nebst Anwendungen auf eine Anzahl von Instrumenten des *Lake Survey* (*Prim. Triang. U. S. Lake Survey 1882*), deren periodische Fehler bis zu 2″ gehen. Bei von Saegmüller für die *Geological Survey* bergestellten 8-zölligen Theodoliten hat sich bei 6 Exemplaren die größte Abweichung der 10′-Intervalle an je um 10° verschiedenen Stellen rund um den Kreis zwischen 1,58″ und 0,55″ ergeben; diese Beträge sind aber selbstverständlich zufällige, keine periodische Fehler. Bemerkenswert ist, daß in der Union, wo sich unter den Verfertigern geodätischer Instrumente besonders Träger deutscher Namen, Würdemann, Saegmüller, Berger & Söhne u. s. w., ausgezeichnet haben und auszeichnen, die Instrumente für geodätische und topographische Zwecke sich neuerdings deutschen Formen nähern: Verlassen der früher fast allein vorhandenen vier Fußschrauben bei kleinen Theodoliten zugunsten des „Dreifußes“, Verlassen des terrestrischen Fernrohrs nicht nur an den Theodoliten, sondern auch an Nivellieren u. s. w.

Die Methode der kleinsten Quadrate nimmt 90 S., ⅓ bis ¼ des Buchs, ein; ihre Anwendung ist mit einiger Ausführlichkeit nur auf die Ausgleichung von *Triangulationen* vorgetragen, während sich Höhenausgleichungen, Ausgleichung von Bussolenzügen u. dgl. an ganz kurzen Notizen ohne Beispiele genügen lassen müssen. Die Zahlentafeln am Schluß des Buchs umfassen 22 S. *Hammer.*

G. Kowalewski, Einführung in die Infinitesimalrechnung, mit einer historischen Übersicht. Bd. 197 d. Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt. 8°. IV, 126 S. m. 18 Fig. im Text. Leipzig, B. G. Teubner 1908. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

In dem kleinen Büchlein sind die Grundlagen und Hauptsätze der Infinitesimalrechnung in mustergültiger Anordnung und vorzüglicher Strenge der Beweisführung mitgeteilt. Es zerfällt in drei Teile: 1. einen einleitenden Teil über Funktionen, Grenzwerte, Reihen, 2. Differentialrechnung, 3. Integralrechnung. Daran angegliedert ist eine kurze Übersicht über die Geschichte der Infinitesimalrechnung.

Der Verf. sagt in der Vorrede, er hoffe, „daß jeder Gebildete aus diesem kleinen Buche einen Begriff von dem Wesen der Infinitesimalrechnung gewinnen kann". So sehr sich nun der Referent mit dem mathematischen Inhalt des Buches einverstanden erklären kann, ist es doch nach seiner Ansicht für einen allgemeineren Leserkreis zu spezifisch-mathematisch unter etwas einseitiger Bevorzugung der arithmetisierenden Methode geschrieben. Die Lektüre des Buches setzt daher einen Leser voraus, der eine gewisse Fähigkeit besitzt, abstrakt zu denken, mit einer gewissen Schulung darin und auch gewisser Freude daran. Bei mathematischen Lesern wird dies ohne weiteres anzunehmen sein, bei physikalischen und technischen aber nur selten. Im Hinblick auf diese wären wohl besser Geometrie und Mechanik, die beiden alten historischen Nährböden der Infinitesimalrechnung, die ihren Grundbegriffen erst die Kraft der Anschaulichkeit geben, nicht so sehr in den Hintergrund gedrängt worden. Den andern aber sei das kleine Werk aufs beste empfohlen. *Rt.*

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1907. Unter Mitwirkung hervorrag. Fachmänner hrsg. v. Dir. Hofr. Prof. Dr. J. M. Eder. 21. Jahrg. 8°. VIII, 673 S. mit 290 Abbildgn. im Text und 36 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp. 1907. 8 M.; geb. in Leinw. 9,50 M.

Eders Jahrbuch bedarf keiner Empfehlung mehr. Auch der gegenwärtige, in unveränderter Form erschienene Band enthält als wichtigsten Abschnitt wieder den von der Redaktion sehr gründlich und übersichtlich bearbeiteten Jahresbericht über die Fortschritte der Photographie und Reproduktionstechnik, der 355 Seiten umfaßt. Unter den von anderen Autoren gelieferten Original-Beiträgen, die zum Teil nur in loser Verbindung mit der Photographie stehen, mögen als besonders interessant hervorgehoben werden: der Aufsatz von Prof. E. Wiedemann: „Über die Reflexion und Umbiegung des Lichtes von Nasir al Din al Tusi", sowie die eingehenden Berichte: „Wesentlichere Fortschritte auf dem Gebiete der Mikrophotographie und des Projektionswesens" von G. Marktanner-Turneretscher, über „die Stereoskopie im Jahre 1906" von Dr. Dokulil und über die „Arbeiten und Fortschritte auf dem Gebiete der Photogrammetrie im Jahre 1906" von Prof. Doležal. Etwas knapp ist der Bericht über die Fortschritte der Astrophotographie im Jahre 1906. *J. H.*

Neues Preisverzeichnis von F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel.

Preisverzeichnis der geodätischen Instrumente (Abteilung B). 8°. 142 S. 1908.

Aus dem reichen Inhalt dieses Preisverzeichnisses ist außer den hier bereits angezeigten Puller-Breithauptschen Schnellmessern (Schiebetachymeter für senkrechte Lattenstellung, und zwar für ausführliche Vorarbeiten 1:1000 und für generelle Vorarbeiten 1:2500, vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 160. 1902* und **23.** *S. 307. 1903*) und außer verschiedenen Kreistachymetern mit Zubehör als seit 1905 (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 133. 1906*) neu hinzugekommen hervorzuheben: Verbesserungen an den Transittheodoliten, die sich in Südamerika neben englischen und amerikanischen Instrumenten dieser Art einer großen Verbreitung erfreuen (Breithaupt fertigt jetzt als Zugabe zum Transit auch den amerikanischen „Meridiansucher" an, vgl. die Figur auf dem Umschlag der Preisliste); die Feinkippbewegung mit Tangenten-Meßschraube an Nivellieren, die Breithaupt selbst hier in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 306. 1906* beschrieben und die schnell große Verbreitung erlangt hat; ein neues Instrument (1908) für Kimmtiefenbeobachtungen in Form eines Nivelliers mit Meßschraube von 2"-Angabe der

Trommel. Auch eine Abbildung des Instruments zum Abstecken langer gerader Linien (besonders für Richtungsangaben bei Tunnelbauten) ist diesmal beigegeben.

Die große Auswahl von Grubenvermessungsinstrumenten versteht sich bei dem Breithauptschen Institut, dessen erster Inhaber Joh. Christ. B. schon 1780 Markscheiderkompasse fertigte, während sein Sohn H. C. Wilhelm B. 1798 das erste theodolitartige Grubenvermessungsinstrument baute, von selbst. Zu Anfang der 30-er Jahre des 19. Jahrhunderts wurden von F. W. Breithaupt Grubentheodolite geliefert, die als die vollkommensten Instrumente der damaligen Zeit galten, und seither ist der Bau von Vermessungsinstrumenten für markscheiderische Zwecke im Breithauptschen Institut stets mit besonderer Liebe gepflegt worden. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

The Astrophysical Journal. *General Index, by Authors and by Subjects to Vol. I to XXI (January 1895 to June 1907), compiled by S. B. Barrett.* gr. 8°. IV, 133 S. Chicago, The University of Chicago Press 1908. Geb. in Leinw. 8,50 M.

Das Autoren-Register umfaßt etwa $^1/_3$, das Sach-Register die übrigen $^2/_3$ des offenbar mit großer Sorgfalt zusammengestellten Heftes, das allen Lesern des *Astrophysical Journal* sehr willkommen sein wird.

B. G. Teubners Verlag auf dem Gebiete der Mathematik, Naturwissenschaften, Technik nebst Grenzwissenschaften. Mit einem Gedenktagebuche für Mathematiker und 10 Bildnissen in Autotypie. 101. Ausg. 8°. CXXXII, 392 u. 92 S. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner 1908.

Grundriß der Elektrotechnik. Hrsg. v. Ob.-Ingen. A. Königswerther. 8°. Hannover, Dr. M. Jänecke.

II. Bd. A. Königswerther, Elektrotechnische Meßkunde, zugleich Leitfaden für das elektrotechnische Praktikum. 167 S. m. 172 Abbildgn. 1908. 4,20 M.; geb. 4,80 M.

St. Herschthal, Einleitung zur Tachymetrie u. Reduktions-Hülfstafeln. Für Distanzen $\cos 2\alpha$, für Höhen $^1/_2 \sin 2\alpha$. 8°. XIX, 145 S. Krakau 1908. Wien, Lehmann & Wentzel. Geb. in Leinw. 6 M.

A. M. Nell, Fünfstellige Logarithmen der Zahlen und der trigonometrischen Funktionen, nebst den Logarithmen für Summe u. Differenz zweier Zahlen, deren Logarithmen gegeben sind, sowie einigen anderen Tabellen, mit einer neuen, die Rechnung erleichternden Anordnung der Proportionalteile. 12. Aufl. Lex. 8°. XX, 104 S. Gießen, E. Roth 1908. Geb. in Leinw. 2 M.

Monographien über angewandte Elektrochemie. Hrsg. v. Ob.-Ingen. V. Engelhardt. gr. 8°. Halle, W. Knapp.

31. Bd. K. Norden, Elektrolytische Zähler. IX, 166 S. m. 130 Abbildgn. 1908. 9 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

162. Leibniz über die Analysis des Unendlichen. Eine Auswahl Leibnizscher Abhandlungen aus dem Lateinischen übers. u. hrsg. v. Prof. Dr. G. Kowalewski. 84 S. m. 9 Fig. 1908. Kart. 1,60 M.

A. Righi, Neuere Anschauungen über die Struktur der Materie. Übers. v. Dr. F. Fraenckel. 8°. 54 S. Leipzig, J. A. Barth 1908. Kart. 1,40 M.

„ „ Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen, Elektronen). Aus dem Ital. v. Prof. B. Dessau. 2. Aufl. 8°. V, 253 S. m. 21 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1908. Kart. 4,80 M.

A. E. H. Love, *Theoretical Mechanics.* 2. Aufl. 8°. Mit Fig. New York 1908. Geb. in Leinw. 14 M.

R. M. Scott, *The Observers Handbook. New and revised Edition of the Instructions on Meteorological Instruments.* London 1908.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Prof. Dr. R. Straubel.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVIII. Jahrgang. **Dezember 1908.** Zwölftes Heft.

Untersuchungen über das Silbervoltameter.

Von

W. Jaeger und H. von Steinwehr.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

(Fortsetzung von S. 340.)

4. Messungen und Resultate.

Die Messungen setzen sich zusammen aus der Bestimmung der Masse G des Silberniederschlages in den verschiedenen Tiegeln, der Messung der Zeitdauer T des Stromschlusses, der Vergleichung der Normalelemente, der Ermittelung des Meßwiderstandes R, der Bestimmung des Mittelwertes der Einstellungen $[W_r]$ am Kompensationsapparat für die Spannung an den Enden des Meßwiderstandes R, sowie des analogen Mittelwertes $[W_e]$ für die elektromotorische Kraft des Vergleichs-Normalelements.

a) Masse G des Silberniederschlages. Über die Wägungsgenauigkeit an sich ist bereits oben berichtet worden. Auch bei den eigentlichen Versuchen selbst wurden, besonders im Anfang, wiederholte Wägungen der *leeren* Tiegel vorgenommen, die gleichfalls eine gute Übereinstimmung zeigten. Von Versuch zu Versuch dagegen änderten sich die Gewichte der Tiegel, nachdem Silber in ihnen niedergeschlagen und wieder aufgelöst war.

Bei den Voltameter-Versuchen 1 bis 3 ergab sich ein geringes Anwachsen des Tiegelgewichts nach dem Auflösen jedes Silberniederschlags von durchschnittlich $^1/_2$ Zehntel Milligramm, was wohl nur so zu erklären ist, daß das niedergeschlagene Silber z. T. in das Platin eingedrungen war und dann beim Auflösen nicht wieder vollständig herausgelöst wurde. Tatsächlich erfolgte dann durch 48-stündiges Stehenlassen der leeren Tiegel in kalter verdünnter Salpetersäure eine Gewichtsabnahme von rund $^1/_{10}$ *mg*, wie die folgenden Wägungen für Versuch Nr. 2 in Tab. II zeigen, in der die erste Zahl bei jedem Tiegel das Gewicht desselben *vor* der Behandlung mit Salpetersäure, die zweite das Gewicht *nach* derselben angibt[1]).

Tabelle II.

Nr. der Wägung	Bezeichnung	Masse in *g*	Differenz $^1/_{100}$ *mg*
126	Tiegel I leer	59,817604	
133	„	492	— 11.2
127	Tiegel II leer	57,775932	
131	„	868	— 6,4
128	Tiegel III leer	50,725604	
129	„	502	— 10,2

[1]) Bei allen auf $^1/_{1000}$ *mg* angegebenen Gewichten ist die letzte Stelle nur Rechnungsgröße.

Bis zu Versuch Nr. 3 einschließlich war das Auflösen des Silbers nur mit kalter verdünnter Salpetersäure, das Trocknen der gereinigten Tiegel nur im Trockenschranke bei etwa 150° vorgenommen worden; von da an wurde das Verfahren für die Versuche Nr. 5 bis 34 in folgender Weise abgeändert. Zum Entfernen des Silberniederschlages wurden die Tiegel eine halbe Stunde lang mit siedender verdünnter Salpetersäure behandelt und sodann nach mehrmaligem guten Ausspülen mit Wasser in der Bunsen-Flamme bis zur hellen Rotglut erwärmt. Das erstere geschah, um den Silberniederschlag möglichst vollständig zu entfernen, das letztere, um alle sonst etwa anhaftenden Verunreinigungen zu beseitigen und eine vollkommen reine Kathodenfläche zu erzielen. Auch dann noch wurden Leerwägungen mit dazwischen liegendem Glühen und teilweise nochmaligem Erhitzen mit verdünnter Salpetersäure vorgenommen, welche ergaben, daß durch das Glühen das Tiegelgewicht um etwa 0,05 *mg* abnimmt, daß aber eine weitere Behandlung mit Salpetersäure keine merkliche Verminderung des Gewichts mehr hervorruft.

Die Abnahme des Tiegelgewichts von Versuch zu Versuch war gleich nach dem Mattieren der Tiegel erheblich größer als später; es zeigte sich aber auch bei den späteren Messungen eine durchschnittliche Abnahme des Gewichts von etwa $^1/_2$ Zehntel Milligramm für jeden Versuch. Zur Berechnung des Silbergewichts wurde natürlich stets das zuletzt vor dem Versuche ermittelte Gewicht der leeren Tiegel benutzt.

b) Behandlung des Silberniederschlages. Nach Beendigung eines jeden Versuchs wurden die Silberelektroden und die darunter hängenden Glasschälchen bezw. die die Elektroden umgebenden Tonzellen vorsichtig herausgehoben und dann die Platintiegel mit dem Halter von dem Stativ abgenommen und in ein bereitstehendes Becherglas ausgegossen. Sodann wurden die Tiegel dreimal bis an den Rand mit destilliertem Wasser gefüllt und in ein zweites Becherglas entleert. Schließlich kamen die Tiegel nach Entfernung des Halters in ein großes Becherglas mit kaltem destillierten Wasser, in dem sie mindestens 24 Stunden stehen blieben. Nach dieser Zeit wurden sie entleert, in einem Trockenschranke bei 160° bis 200° getrocknet und dann, wie früher beschrieben, gewogen. Die letzten Waschwasser wurden häufig mit Salzsäure auf Silber geprüft; dabei ist niemals die geringste Trübung wahrgenommen worden. Nach der Wägung wurden die Tiegel in der oben erwähnten Weise weiter behandelt und waren dann für den nächsten Versuch bereit.

Etwa vorhandene losgelöste Silberflitter wurden sorgfältig auf einem Filter in einem Gooch-Tiegel gesammelt, durch den auch die Lösung sowie das gesamte Waschwasser unter Absaugen hindurchfiltriert wurde. Die Flitter wurden meist dem Inhalte der Tiegel wieder zugefügt, mitunter auch besonders gewogen. Um festzustellen, ob etwa Einschlüsse an Lösung in dem Silberniederschlage enthalten seien, wurden die Tiegel bei den Versuchen Nr. 9 bis 15 nach der endgültigen Wägung in der Bunsen-Flamme bis zur beginnenden Rotglut (nicht höher, um eine weitergehende Legierung des Silbers und Platins zu vermeiden) erhitzt und wieder gewogen. Es zeigte sich eine geringe Abnahme der Tiegelgewichte, die jedoch hinter der der leeren Tiegel wahrscheinlich infolge der geringeren Erhitzung bedeutend zurückblieb; hieraus geht hervor, daß die Silberniederschläge merkliche Mengen an Einschlüssen nicht enthalten haben können. Die entsprechenden Versuchsdaten finden sich in der folgenden Tabelle III, in der die Gewichte der Tiegel plus Silberniederschlag vor und nach dem Glühen und die Differenzen der Gewichte in $^1/_{100}$ *mg* angegeben sind.

Tabelle III.

Nr. des Versuchs	Nr. der Wägung	Bezeichnung		Masse *g*	Differenz $^1/_{100}$ *mg*
9	485	I + Ag		61,098752	— 8,7
	489	„	vorher erhitzt	665	
	486	II + Ag		59,100147	— 4,4
	490	„	„	103	
	487	III + Ag		52,434829	— 1,8
	491	„	„	811	
10	495	I + Ag		62,029005	+ 0,7
	498	„	„	012	
	496	II + Ag		60,030568	+ 5,6
	499	„	„	624	
	497	III + Ag		53,365116	+ 5,3
	500	„	„	169	
11	504	I + Ag		62,026328	± 0
	507	„	„	328	
	505	II + Ag		60,027137	— 0,6
	508	„	„	131	
	506	III + Ag		53,361650	— 4,4
	509	„	„	606	
12	513	I + Ag		62,025496	— 1,6
	516	„	„	480	
	514	II + Ag		60,026738	— 2,1
	517	„	„	717	
	515	III + Ag		53,361395	— 1,6
	518	„	„	379	
14	528	I + Ag		62,029955	— 10,0
	531	„	„	855	
	529	II + Ag		60,031755	— 9,2
	532	„	„	663	
	530	III + Ag		53,366476	— 5,9
	533	„	„	417	
15	540	I + Ag		61,328163	+ 2,2
	543	„	„	185	
	541	II + Ag		59,329944	+ 3,2
	544	„	„	975	
	542	III + Ag		52,663854	+ 4,1
	545	„	„	895	

In der Tab. V der Beobachtungsresultate für die absoluten Versuche Nr. 1 bis 28 (*S. 363*) sind nicht die Einzelgewichte der Silberniederschläge in den drei hinter einander geschalteten Tiegeln angegeben, sondern deren Mittelwerte, die wegen des Luftgewichts in der *S. 333* erläuterten Weise korrigiert sind, während in den daneben stehenden Spalten die Abweichungen für die einzelnen Tiegel in Hunderttausendsteln des Gewichts verzeichnet sind. Bei Versuch Nr. 4 sind bei allen drei Tiegeln die Flitter z. T. verloren gegangen, sodaß dieser Versuch unbrauchbar und daher nicht aufgeführt ist. In Versuch 23 sind *keine* Differenzen angegeben, da bei dem dritten Tiegel Wasserstoff in die Lösung eingeleitet war, wodurch ein fehlerhafter Niederschlag erzeugt wird (vgl. später), während bei dem Tiegel I ein Teil der Flitter verloren gegangen war. Es ist daher hier nur das Gewicht für Tiegel II (zugleich als Mittelwert an-

Tabelle IV.

Nr.	Datum	β_{16}	Diff. 10^{-5}	β_{17}	Diff. 10^{-5}	β_{18}	Diff. 10^{-5}	β_{19}	Diff. 10^{-5}	β_{20}	Diff. 10^{-5}	Mittel von β_{16} bis β_{20}	P_1	Diff. 10^{-5}
	1906	Werte der Elemente als Überschuß über												
1	2. 6.	64_5	$+2_5$	61	-1	58_5	-3_5	56	-6	68_5	$+6_5$	62		
2	21. 6.	66_5	$+0_5$	64	-2	62_5	-3_5	67	$+1$	69	$+3$	66		
3	29. 6.	66	0	64	-2	62	-4	68_5	$+2_5$	68	$+2$	66		
	1907													
—	21. 9.	67	$+2$	62	-3	60	-5	66	$+1$	70	$+5$	65		
—	23. 9.	65	0	66	$+1$	57	-8	64	-1	72	$+7$	65		
5	15. 10.	69	$+4$	63	-2	61	-4	60	-5	71	$+6$	65		
6	21. 10.	66	$+1$	65	0	57	-8	63	-2	74	$+9$	65		
7	26. 10.	65	0	63_5	-1_5	58_5	-6_5	66_5	$+1_5$	70	$+5$	65		
—	29. 10.	67_5	$+2_5$	62	-3	62	-3	64_5	-0_5	71	$+6$	65	53	-1
8	30. 10.	67	$+2$	63_5	-1_5	59_5	-5_5	64	-1	71	$+6$	65	51_5	-1_5
9	5. 11.	63_5	$+1_5$	60_5	-1_5	56_5	-5_5	60	-2	68_5	$+6_5$	62	54	-1
10	9. 11.	64	$+1$	63	0	59	-4	62	-1	68_5	$+5_5$	63	54_5	-1
11	14. 11.	64	-1	64_5	-0_5	61	-4	65_5	$+0_5$	70_5	$+5_5$	65	52_5	-1
12	19. 11.	64_5	$+2$	61_5	-1	57	-5_5	61	-1_5	68	$+5_5$	62_5	55	-0_5
13	23. 11.	63	$+1_5$	63	$+1_5$	55_5	-6	61_5	0	68	$+6_5$	61_5	56	0
14	28. 11.	66_5	$+0_5$	63_5	-2_5	60_5	-5_5	67	$+1$	70_5	$+4_5$	66	53	0
—	5. 12.	67_5	$+1_5$	63	-3	60	-6	69	$+3$	69_5	$+3_5$	66	51	-1
15	7. 12.	68	$+2$	63_5	-2_5	61_5	-4_5	68	$+2$	70_5	$+4_5$	66	51	-1
16	12. 12.	68_5	$+2_5$	64	-2	60_5	-5_5	66_5	$+0_5$	70	$+4$	66	51_5	-1
17	16. 12.	64_5	$+2$	62_5	0	57_5	-5	60_5	-2	68_5	$+6$	62_5	54_5	-1
18	18. 12.	66	$+2$	62_5	-1_5	59	-5	64_5	-0_5	69_5	$+5_5$	64	53	-1
19	31. 12.	60_5	-0_5	60_5	-0_5	56_5	-4_5	60	-1	67	$+6$	61	56_5	-1
	1908													
20	8. 1.	65	$+2$	62	-1	59	-4	62_5	-0_5	67	$+4$	63	54_5	0
21	15. 1.	66	$+2$	63	-1	59	-5	64	0	69	$+5$	64	53	-0_5
—	29. 1.	64	$+2$	61_5	-0_5	55	-7	60_5	-1_5	70	$+8$	62	55	-1
22	22. 2.	69_5	$+2$	63_5	-4	61_5	-6	71_5	$+4$	72_5	$+5$	67_5	50	-0_5
23	27. 2.	69	$+3_5$	63_5	-2	60	-5_5	64	-1_5	72	$+6_5$	65_5	51_5	-1
24	3. 3.	67_5	$+4_5$	62_5	-0_5	60	-3	63_5	$+0_5$	$[62_5]^1)$	-0_5	63	55	0
25	10. 3.	66_5	$+3_5$	62	-1	57_5	-5_5	60_5	-2_5	69	$+6$	63	54_5	-0_5
26	19. 3.	66_5	$+2$	62_5	-2	59_5	-5	63_5	-1	70	$+5_5$	64_5	52	-1_5
27	21. 3.	66_5	$+2_5$	63	-1	58_5	-5_5	60_5	-3_5	70_5	$+6_5$	64	53_5	-0_5
28	26. 3.	67	$+3$	62	-2	59	-5	62_5	-1_5	70	$+6$	64	52_5	-0_5
—	31. 3.	—		—		—		—		—		—	54	$+0_5$

gegeben. Auch bei Versuch Nr. 24 ist Wasserstoff in Tiegel III eingeleitet und das infolgedessen stark abweichende Gewicht nicht mit aufgeführt worden. Bei den Versuchen Nr. 25 bis 28 befand sich Tiegel III in einer Stickstoffatmosphäre. Da sich aber bei dieser Behandlung keine merklichen Unterschiede gegenüber den in Luft befindlichen Tiegeln zeigten (s. später), so sind bei diesen Versuchen alle drei Tiegel zur Mittelbildung benutzt worden.

Die Abweichungen der Einzelgewichte betragen meist nur einige Hunderttausendstel; es kommen jedoch auch gelegentlich größere Abweichungen vor, die sich durch Verlust von Flittern oder durch andere Zufälligkeiten erklären.

[1]) War kurze Zeit kurzgeschlossen.

1,01800 in Einheiten der letzten Dezimale.

Tabelle IV.

P_1	Diff. 10^{-5}	P_2	Diff. 10^{-5}	P_3	Diff. 10^{-5}	O_2	Diff. 10^{-5}	M_1	Diff. 10^{-5}	M_2	Diff. 10^{-5}	M_3	Diff. 10^{-5}	Mittel von P_1 bis M_3	W_{40}
															95
															90
															94
53	− 1	53,5	− 0,5	52	− 2	55	+ 1	54	0	58	+ 4	54,5	+ 0,5	54	96
51	− 2	52,5	+ 0,5	50,5	− 2,5	53,5	+ 0,5	52,5	− 0,5	55,5	+ 2,5	56	+ 3	53	95
56	+ 1	53,5	− 1,5	55,5	+ 0,5	56,5	+ 1,5	53	− 2	58,5	+ 3,5	54	− 1	55	—
54,	− 1	55,5	0	53,5	− 2	56,5	+ 1	55,5	0	59,5	+ 4	55,5	0	55,5	94,5
52	− 1,5	53,5	0	51	− 2,5	54	+ 0,5	53,5	0	57,5	+ 4	53,5	0	53,5	96
54,	− 1	55,5	0	53,5	− 2	56,5	+ 1	55	− 0,5	59,5	+ 4	55	− 0,5	55,5	93,5
53	− 3	56,5	+ 0,5	52	− 4	57	+ 1	56,5	+ 0,5	61,5	+ 5,5	56,5	+ 0,5	56	94
51,	− 1,5	54	+ 1	49	− 4	54	+ 1	53	0	58	+ 5	53,5	+ 0,5	53	—
52	0	52	0	48	− 4	53	+ 1	51,5	− 0,5	58	+ 6	52	0	52	94
51	− 1	52	0	49	− 3	52,5	+ 0,5	51,5	− 0,5	57,5	+ 5,5	52	0	52	94,5
52	− 0,5	52,5	0	49	− 3,5	53	+ 0,5	52	− 0,5	57	+ 4,5	52	− 0,5	52,5	95,5
54	− 1,5	55,5	0	52	− 3,5	56	+ 0,5	55,5	0	61	+ 5,5	54,5	− 1	55,5	94,5
52,	− 1,5	54,5	+ 0,5	50	− 3,5	55	+ 1	53,5	− 0,5	60,5	+ 6,5	53,5	− 0,5	54	94,5
56,	− 1	57,5	0	54	− 3,5	58	+ 0,5	56	− 1,5	64,5	+ 7	56	− 1,5	57,5	92
52	− 2,5	55	+ 0,5	49,5	− 5	54,5	0	54	− 0,5	62	+ 7,5	53	− 1,5	54,5	92
50	− 3,5	54	+ 0,5	47,5	− 6	53	− 0,5	54	+ 0,5	62	+ 8,5	52,5	− 1	53,5	93,5
52	− 4	57	+ 1	49	− 7	56	0	56,5	+ 0,5	66	+ 10	56	0	56	—
47	− 3,5	51	+ 0,5	41	− 9,5	50	− 0,5	51	+ 0,5	64	+ 13,5	50	− 0,5	50,5	—
49	− 3,5	53,5	+ 1	44	− 8,5	55	+ 2,5	52,5	0	62,5	+ 10	51,5	− 1	52,5	95,5
51	− 4	56,5	+ 1,5	45,5	− 9,5	54,5	− 0,5	56	− 1	69	+ 14	55	0	55	96
54,	− 0,5	55,5	+ 0,5	41,5	− 13,5	56	+ 1	54	− 1	67,5	+ 12,5	54,5	− 0,5	55	95
50	− 3,5	55	+ 1,5	44	− 9,5	54	+ 0,5	54,5	+ 1	66	+ 12,5	53,5	0	53,5	98,5
50,5	− 3,5	55,5	+ 1,5	44,5	− 9,5	54,5	+ 0,5	55	+ 1	66	+ 12	53,5	− 0,5	54	97
48	− 4,5	55	+ 2	41	− 12	53	0	54	+ 1	67,5	+ 14,5	52,5	− 0,5	53	95
49	− 4,5	56	+ 2,5	41	− 12,5	53,5	0	55,5	+ 2	66	+ 12,5	54	+ 0,5	53,5	96

Die Resultate der relativen Versuche sind in den Tabellen VIII und IX zusammengestellt.

c) Zeitdauer T des Stromschlusses. Für Anfang und Ende des Versuchs erhielt man mit dem Chronographen Zeitmarken, bei denen die eine Kurve die Sekundenmarken der Normaluhr darstellte, während die andere die Zeitmarke für den Anfang bezw. das Ende des Versuchs enthielt. Da diese beiden Marken, wie erwähnt (vgl. *S. 336*), in ganz gleicher Weise entstehen, d. h. da beim Schließen und Öffnen des Stromes der durch den Elektromagneten des Chronographen hindurchgehende Stromstoß den Anker desselben jedesmal für einen Moment anzieht, so tritt kein systematischer Fehler auf, wie das der Fall sein kann, wenn Anfangs- und Schlußzeichen in verschiedener Weise, z. B. im einen Fall durch Anziehen des Ankers, im andern durch Loslassen desselben

erfolgen. Die Zeit des Anfangs bezw. Endes eines Versuchs wurde mit Hülfe der Marken bis auf $^1/_{100}$ Sek. ermittelt. Damit kein Irrtum hinsichtlich der ganzen Sekunden entstehen konnte, wurde die Zeitmessung jedesmal 3 Min. lang unter Auslassung des Sekundenzeichens bei den vollen Minuten fortgesetzt, sodaß Kontrollen für die Zeitmessung vorhanden waren.

In der Tab. V sind die in Sekunden ausgedrückten Zeiten in der Spalte unter T eingetragen.

d) Vergleichung der Normalelemente. Die Normalelemente standen, wie bereits erwähnt, in einem gemeinsamen Petroleumbade und wurden nach jedem Versuch mittels des Kompensationsapparates unter einander verglichen. Zur Kontrolle wurde von Versuch Nr. 4 an ein Element (W_{40}) der European Weston Electrical Instrument Co. (ohne festes Kadmiumsulfat) mitgemessen. Bei den Versuchen Nr. 1 bis 7 wurden fünf von den älteren Elementen der Reichsanstalt (β_{18} bis β_{30}) bezw. das der Weston-Co., bei den späteren Versuchen noch 8 andere Elemente verglichen. Die fünf mit β bezeichneten Elemente sind mit käuflichem Merkurosulfat angefertigt und schon früher öfter gemessen worden[1]). Ihr Mittelwert entspricht etwa der bisherigen Basis der Spannungseinheit in der Reichsanstalt, wie durch Vergleichung dieser fünf Elemente mit einem größeren Stamme von Elementen, worüber an anderer Stelle eingehender berichtet werden soll, gefunden worden ist.

Die acht Elemente, welche von Versuch Nr. 8 an außer den β-Elementen mit in die Vergleichung einbezogen wurden, waren Elemente mit Merkurosulfat, das in der Reichsanstalt selbst hergestellt worden ist[2]).

Dieses Merkurosulfat war durch Fällung erhalten worden, und zwar in der Weise, daß man in eine angesäuerte, etwa molekular-normale Lösung von Merkuronitrat, die auf etwa 70° erwärmt war, langsam und unter heftigem Umschütteln eine etwa molekular-normale Schwefelsäure einlaufen ließ, wobei das Merkurosulfat in relativ großen Kristallen abgeschieden wurde. Das Auswaschen geschah ausschließlich mit reinem Wasser. Die so dargestellten Präparate zeigten anfangs längere Zeit erhebliche Änderungen in ihrer elektromotorischen Kraft[3]).

Die verschiedenen Buchstaben der Benennung der acht neuen Elemente entsprechen drei verschiedenen Präparaten. Diese Elemente haben sich, dem soeben Gesagten entsprechend, in den ersten Monaten nach ihrer Herstellung noch geändert; sie waren ursprünglich gegen den normalen Wert zu hoch, hatten aber, als sie für den vorliegenden Zweck in Benutzung genommen wurden, bereits seit mehreren Monaten den endgültigen Wert erreicht.

Die bei der Vergleichung der Elemente erhaltenen *relativen* Zahlen sind aus Bequemlichkeitsrücksichten mit einer solchen Stromstärke des Kompensationsapparates eingestellt, daß sie bei Multiplikation mit 10^{-4} nahe dem Wert der elektromotorischen Kraft des Westonschen Normalelements entsprachen, damit bei der Reduktion derselben nur noch eine kleine Korrektion notwendig war. Sie wurden von der Beobachtungstemperatur auf 20° reduziert und dann auf den Mittelwert der Elemente

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 33 u. 65. 1901; Ann. d. Physik* **5.** *S. 1. 1901.*

[2]) v. Steinwehr, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 205. 1905; Zeitschr. f. Elektrochemie* **12.** *S. 578. 1906.*

[3]) Diese Erscheinung tritt nicht mehr auf, wenn die Lösung, in der die Fällung stattfindet, etwa einfach äquivalent-normal an Säure ist, was man dadurch erreichen kann, daß man bei dem obigen Verfahren zu der Merkuronitratlösung eine hinreichende Menge Salpetersäure hinzusetzt, oder aber, indem man die Merkuronitratlösung in die Schwefelsäure einlaufen läßt. Die mit dieser Modifikation des Verfahrens hergestellten Präparate geben sofort richtige Werte. Näheres über die neueren Ergebnisse der Untersuchungen an Elementen wird besonders mitgeteilt werden.

umgerechnet. Als solcher Mittelwert ist von der Messung vom 29. X. 1907 ab das Mittel 1,01859 der Elemente β, P, O, M benutzt, das aus einer Vergleichung dieser Elemente mit einem größeren Stamme von Elementen folgt. In Tabelle IV sind die Überschüsse der so erhaltenen Zahlen über den Wert 1,01800 in Einheiten der letzten Dezimale und die Abweichungen vom Mittel in Hunderttausendstein zusammengestellt.

Soweit sich aus der relativen Abweichung schließen läßt, zeigen sich die Elemente im allgemeinen sehr konstant. Die in wenigen Fällen vorkommenden größeren Abweichungen sind auf vorangegangene stärkere Temperaturänderungen zurückzuführen, die nicht immer ganz zu vermeiden waren.

Zur direkten Messung mit dem Silbervoltameter wurde β_{16} oder β_{19} (einmal auch β_{17}) genommen und das Resultat, wie später gezeigt wird, auf den Wert 1,01859 bezogen.

e) *Bestimmung des Meßwiderstandes R*[1]). Für die Versuche Nr. 1 bis 3 dienten als Meßwiderstand die drei durch Quecksilbernäpfe hinter einander geschalteten Manganinwiderstände 1_D, 1_E nnd 1_F, die nach Messungen des Schwachstromlaboratoriums der Abt. II im März 1906 die nachstehenden Werte hatten:

Wert bei 18° C.	$\alpha \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$
$1_D = 1{,}00002_3$	+ 8,8	− 0,37
$1_E = 1{,}00003_9$	+ 9,9	− 0,48
$1_F = 0{,}99991_3$	+ 9,1	− 0,35

Hierbei bedeuten α und β die Temperaturkoeffizienten in der Formel für den Widerstand

$$w_t = w_{18}\,[1 + \alpha\,(t-18) + \beta\,(t-18)^2].$$

Für die Messungen von Versuch Nr. 5 an wurden andere Widerstände benutzt, deren Werte im September 1907 relativ bestimmt wurden, nämlich die Widerstände 1_F, Nr. 2205 und Nr. 2206 aus Manganin. Die Werte dieser Büchsen wurden auf eine Messungsreihe vom Mai 1907 bezogen, bei welcher alle Normalwiderstände der Reichsanstalt gemessen worden waren. Außerdem wurde noch eine weitere Büchse Nr. 917 mitbenutzt und der Mittelwert der 4 Büchsen 1_F, Nr. 917, 2205 und 2206 als konstant seit dem Mai 1907 angenommen. Auf diese Weise ergab sich:

	Abweichungen von 1 Ohm in 10^{-5} Ohm bei 18°		Differenz $\Delta \cdot 10^5$
	Mai 07	Sept. 07	
1_F	− 8_9	− 10	+ 1_1
2205	− 2_4	− 1_8	− 0_6
2206	− 0_9	− 1_4	+ 0_5
917	− 11_8	− 10_7	+ 1_1

Die Werte der drei Normalwiderstände sind somit zu setzen:

bei 18° C.	$\alpha \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$
$1_F = 0{,}99990_0$	+ 9,1	− $0{,}3_5$
$2205 = 0{,}99998_2$	+ 9,4	− 0,4
$2206 = 0{,}99998_6$	+ 8,9	− 0,4
Mittel	+ 9,1	− 0,4

[1]) Bei der Ermittelung dieser Werte ist auf die wechselnde Luftfeuchtigkeit keine Rücksicht genommen, deren Einfluß aber auch für den vorliegenden Fall zu vernachlässigen ist, da es sich um Büchsen von 1 Ohm handelt (vgl. St. Lindeck, *diese Zeitschr. 28, S. 229. 1908*), und es nicht auf die äußerste Genauigkeit des Widerstandswertes ankommt.

also für die Summe

$$[1_p + 2205 + 2206] = 3 - 13{,}2 \cdot 10^{-5} \text{ Ohm bei } 18^\circ \text{ C.},$$

wobei die Widerstände bis zu den Endflächen der Bügel gerechnet sind. Bei den Messungen wurde die Spannung an je einer Potentialklemme der Büchsen Nr. 2205 und 2206 abgenommen, wie aus Fig. 1 (*S. 336*) ersichtlich ist; der Widerstand ist daher noch um $2 \times 5 \cdot 10^{-6}$ Ohm zu verringern, sodaß man erhält $R = 3 - 14{,}2 \cdot 10^{-5} = 3\,(1 - 4{,}73 \cdot 10^{-5})$ Ohm bei 18°. Die Werte von R für die Temperaturen 17°, 18° und 19°, innerhalb deren sich die Messungen zum größten Teil bewegen, sind unter Benutzung der obigen Mittelwerte für α und β hierunter angeführt.

Temp.	R
17°	$2{,}99983_0$ Ohm
18°	85_6 „
19°	88_5 „

In der Tabelle der Beobachtungsresultate (*S. 363*) sind die Mitteltemperaturen t des Bades der drei Büchsen während der Versuche eingetragen, aus denen sich die Werte für R berechnen.

f) Mittelwert der Einstellungen $[W_r]$ *und* $[W_s]$. Wie bereits erwähnt, sind die Einstellungen am Kompensationsapparat für die Spannung an R und die des Normalelements alternierend erfolgt, ohne daß etwas an der Stromstärke des Kompensationsapparates oder derjenigen im Silbervoltameter reguliert wurde. Zur Mittelbildung der Einstellungen für W_r sind die Einstellungen graphisch aufgetragen und durch Ausmessung der Fläche gemittelt. Diese Berechnung ist durch Wägung der Flächen kontrolliert worden.

Der Verlauf der Kurven für W_r ist für die Versuche Nr. 1 bis 14 (ohne Tonzelle) ein etwas anderer, als für die von Nr. 15 bis 28 (mit Tonzelle). Bei der ersten Gruppe (Fig. 7 u. 8) steigt die Spannung im Anfang stark an, erreicht aber bald ein Maximum und sinkt dann langsam, fast geradlinig (während der Dauer des Versuchs

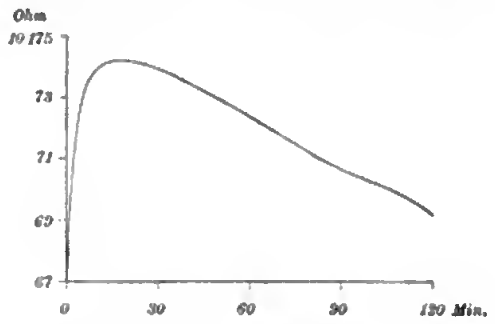


Fig. 7. Versuch Nr. 10.

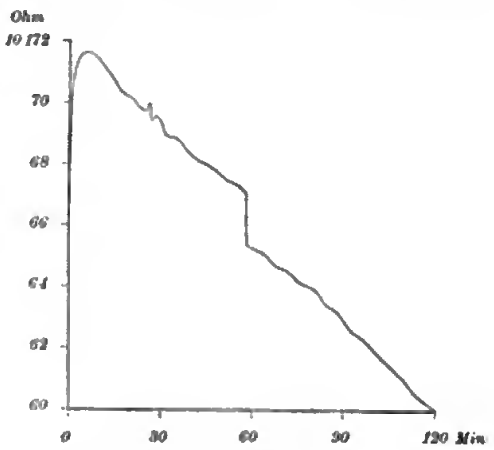


Fig. 8. Versuch Nr. 6.

um etwa 1 Promille). Bei der zweiten Gruppe (Fig. 9, *S. 362*) ist nur ein Ansteigen zu bemerken, das auch erheblich größere Werte erreicht (durchschnittlich etwa 8 Promille). Bei einigen Versuchen sind auch plötzliche Sprünge aufgetreten (bei Nr. 6, 11 und 12; vgl. auch Fig. 8), und zwar bei einem Versuch dadurch, daß beim Ablesen ein Thermometer in das Silbervoltameter fiel; infolgedessen wurde die Konzentrationsverteilung des Elektrolyts und damit auch sein Widerstand geändert.

Es sind allerdings nur kleine Änderungen, die dabei eintreten und die auch genügend in Rechnung gezogen werden konnten, da der Strom sich ganz plötzlich änderte und sogleich wieder gleichmäßig wurde.

Beispiel einer Beobachtung.

9. XI. 1907. Versuch Nr. 10.

Zimmertemperatur 18,3° bis 18,8°; Temperatur des Elektrolyten 16,0° bis 18,2°.

Zeit	Kompensationswiderstand		Temperatur	
	W_s	W_r	t_s	t_r
$11^h\ 57^m\ 0^s$	Zeit des Stromschlusses			
57 30		10167,6		
59 10		71,2		
12 0 5		72,0		
1 0	10186,8$_5$	—	17,41	17,55
2 30		73,1		
3 55		73,5		
6 0		73,9		
6 30	86,8$_5$	—	17,41	—
9 30		74,2		
13 30		74,2$_5$		
16 0		74,2$_5$		
16 45	86,9$_5$	—	17,33	17,50
19 0		74,1$_5$		
25 0		73,9$_5$		
28 15		73,7$_5$		
29 0	87,0$_5$	—	17,30	17,48
32 30		73,5		
38 30		73,1$_5$		
39 0	87,0$_5$	—	17,23	17,46
45 0		72,8		
46 30		72,7		
49 0		72,6		
52 30		72,4		
57 0		72,1		
58 0	87,0$_5$	—	17,21	17,40
1 4 0		71,7		
9 30		71,4$_5$		
11 0	87,0	—		
17 30	87,1	—	17,22	17,35
18 30		71,0		
23 0		70,8		
28 0		70,6		
32 0		70,4		
40 30		70,0		
41 30	87,0	—	17,25	17,39
45 0		69,8		
49 0		69,6		
51 30	87,0	—	17,25	17,44
52 30		69,4		
55 30		69,2	17,25	17,40
57 0	Zeit der Stromöffnung			
2 0 0	87,0	—		
Mittel	10187,0	10171,9$_4$	17,29	17,44

Als Beispiel für die Messung von W_r und W_e mögen die Beobachtungen für den Versuch Nr. 10 mitgeteilt werden (s. die vorige Seite), sowie die für W_r daraus abgeleitete Stromkurve (Fig. 7). Für die Versuche Nr. 6 und 17 sind nur die Stromkurven (Fig. 8 und 9) gegeben. In dem Beobachtungsbeispiel sind in der ersten Spalte die abgelesenen Zeiten, unter W_e und W_r die Einstellungen am Kompensationsapparat für die elektromotorische Kraft des Normalelementes E und die Spannung an den Enden des Meßwiderstandes R zu diesen Zeiten mitgeteilt; ferner sind die Zeiten für den Anfang und das Ende des Versuches (Stromschluß und Stromöffnung) angegeben, die in der auf *S. 336 u. 357* beschriebenen Weise mittels des Chronographen bestimmt wurden. Außerdem sind noch die Temperaturen t_e und t_r für die Normalelemente und den Meßwiderstand aufgeführt. In den in $^1/_5$ der Originalgröße wiedergegebenen Kurven bedeuten die Abszissen, von der Zeit des Stromschlusses an gerechnet, die Zeit in Minuten, die Ordinaten den abgelesenen Kompensationswiderstand in Ohm.

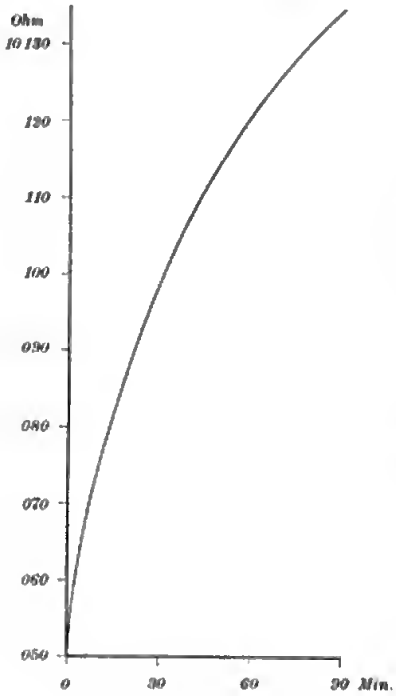


Fig. 9. Versuch Nr. 17.

Bei raschen Änderungen des Stromes, wie z. B. bei Fig. 9, sind die Widerstände des Kompensationsapparates eingestellt und die Zeiten beobachtet worden, bei denen das Galvanometer die Null-Lage passierte. Bei langsamer Änderung des Stromes wurde umgekehrt verfahren.

Die auf diese Weise erhaltenen Mittelwerte $[W_r]$ und $[W_e]$ sind in der Tabelle V zusammengestellt.

g) Berechnung der Resultate. Die Berechnung der Resultate erfolgte nach der bereits *S. 336* angegebenen Formel.

In Tabelle V sind nicht die der Temperatur t des betreffenden Normalelements entsprechenden Werte E_t angegeben, sondern die bereits auf 20° C. reduzierten Werte E_{20}, die außerdem auf den Mittelwert der in Tab. IV angeführten Elemente unter Berücksichtigung der aus der Vergleichung sich ergebenden Abweichung des Elementes β_{16} (u. s. w.) von dem Mittel 1,01859 dieser Elemente bezogen sind. Die Elemente mit *altem* Merkurosulfat (β_{16} u. s. w.) sind etwa um $5 \cdot 10^{-5}$ Volt höher, die mit *neuem* Merkurosulfat (P, O, M) um etwa $5 \cdot 10^{-5}$ Volt niedriger als dieser Mittelwert.

Daß Versuch Nr. 4 durch Verlust von Flittern unbrauchbar geworden ist, wurde schon erwähnt. Werden *alle* Versuche gemittelt, so erhält man den Wert 1,01838$_5$ Volt bei 20°, also für die alten Elemente etwa 1,01844, für die neuen 1,01834 Volt.

Die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen zeigen einen kleinen systematischen Unterschied zwischen den Beobachtungen der ersten Gruppe (1 bis 14) ohne Tonzelle und denen der zweiten (15 bis 28) mit Tonzelle. Mittelt man die Zahlen der einzelnen Gruppen für sich, so erhält man, wie aus der Tab. V hervorgeht, für

Versuch Nr. 1 bis 14	1,01843$_5$ Volt
„ „ 15 „ 28	1,01833$_5$ „ .

Das Mittel der ersten Gruppe ist also um 5 Hunderttausendstel größer, das der anderen um ebensoviel kleiner als das Gesamtmittel. Die Abweichungen der Einzel-

Tabelle V: Beobachtungsresultate.

Nr.	Datum	Silberniederschlag (korrigiert)				Widerstand R	Normalelement		Kompensationsapparat		Zeit	Mittelwert der Elemente	Abweichung vom Gesamtmittel	Abweichung vom Mittel jeder Gruppe
		G in Gramm	Abweichungen in 10^{-5}			t	Element	t	$[W_o]$	$[W_r]$	T	E_{20}	10^{-5}	10^{-5}
		Mittel	I	II	III	°C.		°C.	Ohm	Ohm	Sekunden	Volt		
	1906													
1	2. 6.	1,38307	+ 0$_5$	− 1	+ 0$_5$	18,06	β_{16}	18,00	10187,0	10175,4$_5$	3616,93	1,01866$_5$	+ 28	+ 23
2	21. 6.	1,39079$_5$	+ 1$_5$	− 4$_5$	+ 3$_5$	21,41	„	20,95	5,8	189,2$_5$	3662,86	52	+ 13$_5$	+ 8
3	29. 6.	1,36887$_5$	− 2	+ 4$_5$	− 1$_5$	23,25	„	22.89	4,8	193,8	3603,77	44$_5$	+ 6	+ 1
	1907													
5	12. 10.	1,70213	+ 2$_5$	− 0$_5$	− 1	17,10	„	16,76	6,5	150,0$_5$	4500,21	31$_5$	− 7	− 10
6	21. 10.	2,72791$_5$	+ 9$_5$	− 1	− 8$_5$	18,04	„	18,04	6,2	166,0	7200,32	45$_5$	+ 7	+ 2
7	26. 10.	2,03621$_5$	− 14	− 3$_5$	+ 17	19,37	„	19,93	8,0	118,7	5401,14	44$_5$	+ 6	+ 1
8	30. 10.	2,71597	+ 10	− 0$_5$	− 9$_5$	17,73	„	18,15	7,7	122,2	7200,59	48	+ 9$_5$	+ 4$_5$
9	5. 11.	1,79830$_5$	+ 14	− 6$_5$	− 7$_5$	17,81	β_{19}	17,74	7,4	055,5	4800,08	34$_5$	− 4	− 9
10	9. 11.	2,72901$_5$	+ 2$_5$	− 1$_5$	− 1	17,44	„	17,29	7,0	171,9$_5$	7200,28	35$_5$	− 3	− 8
11	14. 11.	2,72599	+ 22	− 11$_5$	− 10	17,72	„	17,67	6,9	154,9$_5$	7203,85	39$_5$	+ 1	− 4
12	19. 11.	2,72577	+ 9	− 7	− 2	18,34	„	17,63	7,2	161,3$_5$	7200,11	28	− 10$_5$	− 15$_5$
13	23. 11.	2,71441$_5$	+ 3	0	− 3	18,03	„	17,53	7,0	117,4$_5$	7200,65	33	− 5$_5$	− 10$_5$
14	28. 11.	2,73103	− 4	− 5	+ 8$_5$	18,72	„	18,07	7,1	176,8	7200,27	62$_5$	+ 24	+ 18
											Mittel Nr. 1 bis 14:	1,01843$_5$		
15	7. 12.	2,02937	+ 3	+ 2$_5$	− 5$_5$	18,45	„	18,43	7,2$_5$	086,0	5399,51	46	+ 7$_5$	+ 12$_5$
16	12. 12.	2,04392	− 5	+ 15$_5$	− 9$_5$	18,43	„	18,43	7,2$_5$	159,7	5398,88	45$_5$	+ 7	+ 12
17	16. 12.	2,03337	− 4	0	+ 3$_5$	18,02	„	17,60	7,3	106,4$_5$	5400,63	23$_5$	− 15	− 10
18	18. 12.	2,04692$_5$	− 2	− 0$_5$	+ 3	18,45	„	18,23	6,8$_5$	173,7$_5$	5400,39	23$_5$	− 15	− 10
19	31. 12.	2,32375$_5$	+ 0$_5$	0	− 0$_5$	17,74	„	17,78	7,1$_5$	191,5$_5$	6120,21	25	− 13	− 8
	1908													
20	8. 1.	2,04942	− 1$_5$	0	+ 1$_5$	18,42	„	18,41	7,5	188,1$_5$	5399,96	20$_5$	− 18	− 13
21	15. 1.	2,04006$_5$	+ 3	(+ 0$_5$)	− 3	18,47	„	18,50	7,6	140,7$_5$	5399,78	32$_5$	− 6	− 1
22	22. 2.	2,03504$_5$	− 6$_5$	+ 7	− 0$_5$	18,08	„	18,59	7,0	111,2	5400,10	59$_5$	+ 21	+ 26
23	27. 2.	2,11859$_5$	—	—	—	19,21	β_{17}	18,29	7,8	082.2	5640,05	37$_5$	− 1	+ 4
24	3. 3.	2,02854	− 2$_5$	+ 2$_5$	—	18,28	β_{19}	18.02	7,2	082,2	5400,03	34$_5$	− 4	+ 1
25	10. 3.	2,06843	+ 4	− 2$_5$	− 1$_5$	19,49	„	18,49	6,9$_5$	281,4	5400,08	27$_5$	− 11	− 6
26	19. 3.	2,01885	− 2	− 4	+ 6	18,75	„	18,53	7,1	034,2	5400,06	34$_5$	− 4	+ 1
27	21. 3.	2,06475$_5$	+ 2$_5$	+ 1	− 3$_5$	17,71	„	17,79	8,0$_5$	041,8	5519,83	22	− 16$_5$	− 11$_5$
28	26. 3.	2,03565	− 0$_5$	− 2	+ 2$_5$	17,85	„	17,77	7,0	217,9	5399,52	33	− 5$_5$	− 0$_5$
											Mittel Nr. 15 bis 28:	1,01833$_5$		
											Gesamtmittel Nr. 1 bis 28:	1,01838$_5$		

versuche werden auf diese Weise auch kleiner und überschreiten nur in je einem Falle $2 \cdot 10^{-4}$. Im allgemeinen ist der mittlere Fehler eines Versuches etwa ein Zehntausendstel. Die Abweichungen der beiden Gruppen überschreiten also noch nicht den mittleren Fehler eines Versuches. Daß tatsächlich ein Unterschied zwischen den Versuchen mit und ohne Tonzelle nicht zu konstatieren ist, zeigen die *relativen* Messungen, bei denen je zwei Tiegel *mit* Tonzelle und zwei *ohne* Tonzelle direkt hinter einander geschaltet waren (siehe *S. 366*). Die Abweichungen der drei Tiegel vom Mittelwerte bei jedem Versuche sind im allgemeinen gering und erreichen im Mittel noch nicht ein Zehntausendstel, doch kommen auch größere Abweichungen vor, wie Tab. V zeigt. Bei 10 bis 20 silbervoltametrischen Versuchen mit je drei Tiegeln wird man nach diesen Messungen bei den hier eingehaltenen Größenverhältnissen eine Zuverlässigkeit des Resultats von einigen Hunderttausendstein als erreichbar annehmen können.

Über die Vergleichung der in dieser Arbeit erhaltenen Resultate mit früheren Messungen der Reichsanstalt und denen anderer Beobachter siehe später.

5. Silberniederschlag in einer Atmosphäre von Stickstoff bezw. Wasserstoff.

Nach der Ansicht von Schuster und Anderen (*a. a. O.*) sollte die Gegenwart des Sauerstoffs auf die Menge des Niederschlages von Einfluß sein und die bereits in der Einleitung besprochenen Abweichungen hervorbringen. Im *National Physical Laboratory* in Teddington sind deshalb silbervoltametrische Versuche unter vermindertem Drucke angestellt worden, die gezeigt haben, daß der Druck ohne Einfluß auf die Menge des Silberniederschlages ist; der Ersatz von Luft durch andere indifferente Gase ist dagegen in dieser Arbeit nicht behandelt worden. Da aber die Möglichkeit vorlag, daß bei vollständiger Verdrängung des Sauerstoffs doch andere Resultate erhalten würden, sind an der Reichsanstalt dahin gehende Versuche angestellt worden, die sich auf Elektrolyse in einer Wasserstoff- bezw. Stickstoff-Atmosphäre erstrecken.

Die Platintiegel waren, wie früher (s. *S. 339*) beschrieben, so montiert, daß andere Gase unter die Glasglocke eingeleitet werden konnten. Etwa eine halbe Stunde, bevor der Voltameterstrom geschlossen wurde, begann man zunächst damit, durch den mit dem Elektrolyten gefüllten Tiegel Gas in langsamem Strome hindurchzuleiten, um alle Luft aus der Flüssigkeit zu entfernen. Zu diesem Zweck war an das obere, bis zur Glasglocke reichende Glasrohr mittels engen Gummischlauches noch ein in den Tiegel eintauchendes Glasrohr angebracht, das später bei dem Versuch selbst entfernt wurde. Nachdem dann die den Tiegel bedeckende, luftdicht abschließende Glasglocke wieder aufgesetzt war, wurde der Gasstrom sehr verstärkt, um die letzten Spuren von Sauerstoff aus der Nachbarschaft des Tiegels fortzuschaffen. Während des Versuches wurde dann die Strömungsgeschwindigkeit des Gases herabgesetzt, der Gasstrom aber nicht vor Beendigung des Versuches unterbrochen.

Die Versuche mit Wasserstoff führten zu keinem brauchbaren Resultat, da der Wasserstoff in allen Fällen nach einiger Zeit Silber aus der Lösung ausfällte, wodurch, wie Tab. VI zeigt, das Gewicht des Silberniederschlages erheblich zu groß wird. Diese Ausfällung macht sich auch durch eine starke Trübung der Lösung bemerkbar.

Die Differenzen gehen weit über die Versuchsfehler hinaus und sind auch voneinander so sehr verschieden, daß auf eine unregelmäßige Störung zu schließen ist. Es machte dabei keinen Unterschied, ob der Wasserstoff aus einer Bombe entnommen,

Tabelle VI.

Versuch Nr.	Tiegel Nr.	Atmosphäre	Silberniederschlag in *g*	Differenz in 0,01 %
23	II	Luft	2,118586	14
	III	Wasserstoff	2,121634	
24	I	Luft	2,028485	25
	II		2,028584	
	III	Wasserstoff	2,033468	

ob er aus Zink und Schwefelsäure in einem Kippschen Apparate dargestellt oder ob er elektrolytisch entwickelt wurde. Zur Reinigung wurde der Wasserstoff durch eine Vorlage mit Pyrogallol und eine mit übermangansaurem Kali, z. T. zur Befreiung von Flüssigkeitstellchen auch noch durch eine längere Schicht Watte hindurchgeleitet. Diese Versuche zeigen, daß nicht Zinkwasserstoff, wie z. B. in Dammers „Handbuch der anorganischen Chemie" Bd. II, 2. *S. 757* vermutet wird, sondern der Wasserstoff selbst die Ursache für die Ausfällung des Silbers zu sein scheint. Bei Verwendung vollkommen neutraler Lösungen ist dies auch keineswegs ausgeschlossen.

Hiernach wurde auf eine weitere Verwendung des Wasserstoffs für diese Versuche verzichtet und an Stelle dessen die Anordnung für die Benutzung von Stickstoff abgeändert.

Der nur wenige Prozent Sauerstoff enthaltende Stickstoff wurde einer Bombe entnommen und durch ein mit Kupferspänen gefülltes Hartglasrohr, das durch einen 40 *cm* langen elektrischen Ofen auf mäßige Rotglut erwärmt wurde, darauf noch durch eine Waschflasche mit Pyrogallol und schließlich durch einen 7 *cm* langen Wattepfropfen hindurchgeleitet, ehe es in den Elektrolyten geführt wurde. Im übrigen wurde genau so verfahren wie bei den mit Wasserstoff angestellten Versuchen. Die letzten vier absoluten Messungen mit der dem Richardsschen Verfahren nachgebildeten Anordnung (Versuche Nr. 25 bis 28; Tiegel III) enthalten zugleich diese Versuche über den Unterschied der Niederschlagsmenge in Luft und in Stickstoff, deren Resultate in der folgenden Tabelle enthalten sind.

Tabelle VII.

Versuch Nr.	Tiegel Nr.	Atmosphäre	Silberniederschlag in Gramm	Mittel	Luft — N_2 Diff. in 0,01 %
25	I	Luft	2,068506	2,068440	+ 0,2
	II	„	375		
	III	N_2	398	398	
26	I	Luft	2,018811	2,018789	— 0,9
	II	„	767		
	III	N_2	966	966	
27	I	Luft	2,064797	2,064782	+ 0,5
	II	„	768		
	III	N_2	679	679	
28	I	Luft	2,055635	2,055618	— 0,4
	II	„	601		
	III	N_2	697	697	

Nach diesen Versuchen ist es nicht möglich, einen Unterschied in der niedergeschlagenen Menge bei Anwesenheit von Luft oder Stickstoff festzustellen. Da auch

Digitized by Google

die Versuche von Smith und Mather, bei denen die Entfernung der Luft nicht durch Verdrängung, sondern durch Verminderung des Druckes erreicht wird, zu dem gleichen Ergebnisse führen, so dürften wohl die gegenteiligen Ergebnisse früherer Arbeiten, denen, wie schon gezeigt worden ist, größere Versuchsfehler anhaften, auf andere Ursachen zurückzuführen sein.

6. Relative Messungen betreffend den Silberniederschlag in Tiegeln mit und ohne Tonzelle.

Die beiden Versuchsreihen Nr. 1 bis 14 bezw. Nr. 15 bis 28, von denen die erste ohne Tonzelle, die zweite mit Tonzelle ausgeführt wurde, ergaben noch einen geringen Unterschied für die elektromotorische Kraft des Normalelements, der allerdings innerhalb der Versuchsfehler lag. Es wurde daher noch eine Reihe von sechs relativen Versuchen angestellt, bei denen je zwei Tiegel mit bezw. ohne Tonzelle angeordnet waren, um ohne Strommessung direkt vergleichbare Resultate zu erhalten.

Tabelle VIII.

Versuch Nr.	Tiegel Nr.	Voltameter-Form	Silber-niederschlag in g	Mittel	Gebräuchliche minus Tonzellen-Form Diff. in 0,01 %
29	I	mit Tonzelle	2,030365	2,03042	
	II	„	472		$-0{,}5$
	III	gebräuchliche	[2,028878][1])	2,03030$_5$	
	IV	„	[2,031730]		
30	I	mit Tonzelle	2,015827	2,01587$_5$	
	II	„	925		$-0{,}7$
	III	gebräuchliche	2,015817	2,01573	
	IV	„	646		
31	I	mit Tonzelle	2,011247	2,01126$_5$	
	II	„	285		$-0{,}1_5$
	III	gebräuchliche	2,011271	2,01123$_5$	
	IV	„	198		
32	I	mit Tonzelle	2,052329	2,05238	
	II	„	435		$-0{,}6$
	III	gebräuchliche	2,052430	2,05226$_5$	
	IV	„	102		
33	I	mit Tonzelle	2,049835	2,04986	
	II	„	885		$+1{,}1$
	III	gebräuchliche	2,050055	2,05008	
	IV	„	110		
34	I	mit Tonzelle	2,047899	2,04788	
	II	„	858		$+0{,}8$
	III	gebräuchliche	2,048153	2,04804$_5$	
	IV	„	942		
				Mittel	± 0

Ferner wurde bei den letzten vier dieser Versuche als fünfter Tiegel noch ein von Hrn. F. Kohlrausch bei seinen neueren Versuchen gebrauchter, etwas kleinerer Tiegel (D) in der gebräuchlichen Anordnung angeschlossen, um auch eine direkte Vergleichung seiner Anordnung mit der in der Reichsanstalt benutzten zu ermöglichen.

[1]) Bei Tiegel III und IV wurden die Flitter vertauscht, was jedoch schon bei dem Hinzufügen zum Silberniederschlage bemerkt wurde.

Die Dauer jedes Versuches betrug etwa 90 Minuten bei einer Stromstärke von ungefähr 0,34 Amp. Tiegel I und II waren mit Tonzelle versehen, Tiegel III und IV bezw. *D* in der gebräuchlichen Art eingerichtet. In den Tabellen VIII und IX sind die Resultate dieser Versuche (Nr. 29 bis 34) enthalten.

Tabelle IX.

Versuch Nr.	Tiegel	Mittel der Silbergewichte	½ (III + IV) minus *D* Diff. in 0,01 %
31	½ (III + IV)	2,01123₅	+ 0,9
	D	2,01142₅	
32	½ (III + IV)	2,05226₅	+ 1,6
	D	2,05258₅	
33	½ (III + IV)	2,05008	+ 0,7
	D	2,05022₅	
34	½ (III + IV)	2,04804₅	— 1,0
	D	2,04783	
		Mittel	+ 0,5

Wie man aus diesen Tabellen ersieht, ergibt sich kein mit Sicherheit feststellbarer Unterschied zwischen den Formen mit und ohne Tonzelle, während zwischen größeren und kleineren Tiegeln nach der Rayleighschen Form im Mittel von vier Versuchen eine Differenz von einem halben Zehntausendstel übrig bleibt, die jedoch als innerhalb der möglichen Versuchsfehler liegend anzusehen ist.

C. Zusammenfassung.

Die absoluten Messungen haben für die Elemente *β* mit altem Merkurosulfat den Wert 1,01844 Volt bei 20°, für diejenigen mit neuem Merkurosulfat (*P*, *O*, *M*) den Wert 1,01834 ergeben.

Im Jahre 1898[1]) war für die alten Elemente durch direkte Messung mit dem Silbervoltameter der Wert 1,01849 gefunden worden; dieser Wert ist nur um ein halbes Zehntausendstel größer als der jetzt gefundene, sodaß man in Anbetracht der größeren Unsicherheit der früheren Elemente selbst und der Beobachtungsfehler bei den silbervoltametrischen Messungen annehmen kann, daß die durch relative Messung der Elemente seit jener Zeit in der Reichsanstalt fortgeführte Basis der Spannungseinheit sich nicht geändert hat.

Der für die alten Elemente bisher angenommene Wert 1,0186, der sich von dem direkt gemessenen 1,01849 um nahe ein Zehntausendstel unterscheidet, ist unter Berücksichtigung der Messungen an Clark-Elementen abgeleitet worden, wie *a. a. O.* näher auseinandergesetzt ist. Dieser Wert kommt für die vorliegenden Beobachtungen nicht in Frage.

Dagegen ist es von Interesse, den für die *P*-, *O*-, *M*-Elemente gefundenen Wert

$$1{,}0183_4$$

mit den Messungen in Teddington zu vergleichen. Aus den beiden neuerdings von dem *National Physical Laboratory* in Teddington veröffentlichten Arbeiten[2]) ergibt sich:

[1]) *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 275. 1898.*

[2]) W. E. Ayrton, T. Mather und F. E. Smith, *Phil. Trans. Roy. Soc.* **207.** *S. 163. 1908: National Phys. Laboratory Collected Researches* **4.** *S. 3. 1908* (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 278. 1908*) sowie die in Anmerk. 5 *S. 327* zitierte Arbeit.

Silberniederschlag für 1 Coulomb mit Stromwage . . . . . 1,11827 *mg*
Elektromotorische Kraft des Westonschen Normalelements bei 17° mit Stromwage 1,01830 Volt.

Daraus folgt der Wert des Weston-Elements bei 20° C. zu 1,01819 Volt.

Legt man nun statt des mit der Stromwage gefundenen Silberäquivalents 1,11827 das gesetzliche 1,118 zugrunde, so erhält man nach den Messungen in Teddington

$$\text{Westonsches Normalelement bei } 20° = 1{,}01819 \cdot \frac{1{,}11827}{1{,}118} = 1{,}01843 \text{ Volt},$$

also einen um etwa ein Zehntausendstel höheren Wert, als den in der Reichsanstalt gefundenen. Die Elemente selbst stimmen auf einige Hunderttausendstel überein, wie Messungen in Deutschland und England gezeigt haben, über die an anderer Stelle berichtet werden wird.

Die Übereinstimmung der Werte kann als ausreichend angesehen werden, jedoch wird öfters eine Wiederholung dieser Messungen wünschenswert sein.

Die Resultate der vorstehenden Arbeit mögen hier noch einmal kurz zusammengefaßt werden:

1. Die im Silbervoltameter abgeschiedene Silbermenge ist innerhalb der Versuchsfehler unabhängig davon, ob die alte gebräuchliche Form des Voltameters oder die Richardssche Modifikation zur Anwendung kommt. Die absoluten Messungen ergaben zwar einen Unterschied von einem Zehntausendstel, es war aber nicht möglich, bei den genaueren relativen Messungen einen meßbaren Unterschied zu finden.

2. Die Fernhaltung des Sauerstoffs während der Elektrolyse durch Verdrängung der Luft vermittelst eines indifferenten Gases (Stickstoff) ließ keinen merklichen Unterschied in der abgeschiedenen Menge gegenüber einer Elektrolyse bei Anwesenheit von Sauerstoff erkennen, in Übereinstimmung mit den neueren Messungen des *National Physical Laboratory* und im Gegensatz zu den älteren Messungen der meisten früheren Beobachter.

3. Der in dieser Arbeit unter Zugrundelegung des internationalen Ohm und des gesetzlichen Werts für das Ampere gewonnene Wert für das Westonsche Normalelement stimmt in zufriedenstellender Weise mit den gleichen Resultaten der Reichsanstalt im Jahre 1898 überein.

4. Der in der Reichsanstalt mit Hülfe des Silbervoltameters bestimmte Wert des Westonschen Normalelements befindet sich in ausreichender Übereinstimmung mit den kürzlich veröffentlichten Resultaten des *National Physical Laboratory* in Teddington.

Ein Universalspektrograph

konstruiert von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam.

Von

August Hagenbach in Basel.

Die Spektrographen werden meistens in einer Form gebaut, die gestattet, nur mit einer Dispersion, einem Prisma aus Glas oder Quarz oder mit dem Gitter zu photographieren; häufig ist die Stellung des Kollimators gegen die Kamera fixiert. Zweifellos haben diese einfachen Konstruktionen gewisse Vorzüge (Einfachheit der Justierung u. s. w.), aber beim spektroskopischen Arbeiten stellt sich oft das Bedürfnis ein, die Dispersion zu ändern, sei es wegen großer Linienzahl, sei es wegen geringer Lichtstärke; manchmal ist das Gitter, manchmal das Prisma erwünschter. Aus

diesen Gründen habe ich bei der Firma Otto Toepfer & Sohn in Potsdam einen Universalspektrographen bauen lassen, und ich spreche der genannten Firma an dieser Stelle meinen besten Dank aus für die Mühe, die sie auf die Konstruktion dieses Apparates verwendet hat. Soweit ich nach meinen halbjährigen Arbeiten damit urteilen kann, muß ich über die Präzision der Mechanik mein volles Lob aussprechen, der Apparat hat sich bis jetzt ausgezeichnet bewährt. Es sei mir deshalb gestattet, auf diese Neukonstruktion ganz kurz hinzuweisen.

Der Spektrograph kann für folgende Kombinationen gebraucht werden: 1. ein stark brechendes Flintglasprisma, 2. ein Quarzprisma, 3. zwei Quarzprismen, 4. drei Quarzprismen, 5. ein Rowlandsches Plangitter. Ferner kann vor die Kassette in die Kamera eine Verlängerung mit einer Konkavlinse eingeschaltet werden, um bei Detailuntersuchungen irgend einer der vorher angegebenen Kombinationen eine Vergrößerung eines beliebigen Spektrumteiles zu erhalten.

Die Linsen sind einfache, plankonvexe Quarzlinsen oder für das Ultraviolett achromatisierte Quarz-Flußspat-Linsen, welche von Cornu[1]) seinerzeit berechnet und von J. Duboscq konstruiert worden sind. Sie sind identisch mit denen, welche Cornu bei seinen Untersuchungen des Sonnenspektrums verwendet hat. Leider besitzen die Linsen sphärische Fehler, sodaß sie nicht voll ausgenützt werden können. Zur Abblendung sind hinter den Objektiven Irisblenden eingeschaltet. Alle vier Linsen haben einen Durchmesser von 3,5 *cm* und Brennweiten von ungefähr 35 *cm*.

Die Quarzprismen sind Cornusche Doppelprismen von 60° brechendem Winkel. Sie sind aus Links- und Rechtsquarz zusammengesetzt und haben in der Trennungsfläche zur Vermeidung mehrfacher Reflexionen eine dünne Schicht Glyzerin. Die Dimensionen der Prismen sind 4 *cm* Höhe und 7 *cm* Basis.

Das Übergehen von der einen Kombination zu einer anderen kann leicht (ohne Verwendung eines Schraubenziehers) geschehen. Ist der Apparat einmal für alle gewünschten Stellungen und Kombinationen justiert worden, so kann man die Einstellungen jederzeit wieder erhalten. Die Justierung aller Kombinationen und der verschiedenen Teile des Spektrums erfordert allerdings viel Zeit und Arbeit; wenn aber jede Einstellung sofort wieder erhalten werden kann, wenn also nicht jedesmal die Justierarbeit wiederholt zu werden braucht, so ist die Arbeit reichlich belohnt. Diese Forderung bedingte aber eine sorgfältige und solide Mechanik in allen Teilen des Apparates. Auch die Montierung der Prismen ist so ausgeführt, daß sie beim Einsetzen immer wieder an dieselbe Stelle kommen.

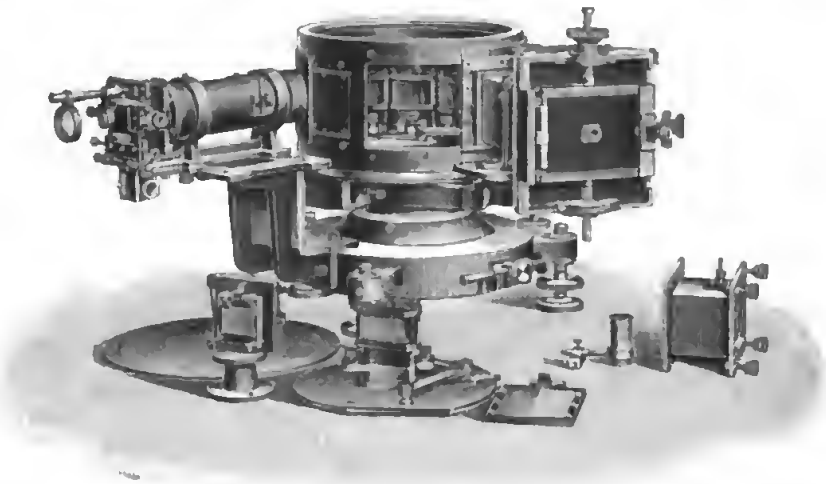
Den Bau des Apparates erkennt man aus der Figur. Auf drei Stellschrauben steht ein eiserner Ring, an dem auf der einen Seite ein eiserner Träger mit einer ebenen Tischplatte befestigt ist, die das Kollimatorrohr trägt. Der Kollimator kann in zwei Stellungen auf der Platte festgeschraubt werden, entweder nach der Apparatachse gerichtet, wenn ein Prisma oder das Gitter in Anwendung kommt, oder aber parallel verschoben, wenn 2 oder 3 Prismen eingesetzt sind. Die Abdichtung gegen das Gehäuse geschieht durch einen passenden Flansch.

Der Spalt ist aus Iridium hergestellt und kann mit einer Mikrometerschraube auf die gewünschte Breite gebracht werden. Ein Teilstrich der Trommel entspricht 0,01 *mm*. Die Parallelstellung des Spaltes zu der Prismenkante bezw. den Gitterfurchen geschieht mit Schraube und Gegenschraube. Vor dem Spalt ist die Hartmannsche Blendenvorrichtung aufgesteckt (vgl. *diese Zeitschr. 20. S. 47. 1900*). Dabei

[1]) *Journ. de phys. 8. S. 185. 1879.*

kann die Weite der Blenden und deren Stellung in horizontaler und vertikaler Richtung mikrometrisch eingestellt und abgelesen werden. Außerdem kann eine mattgeschliffene Quarzplatte und eine Linse, zur Projektion der Lichtquelle auf den Spalt, in die verlängerte Kollimatorachse vor den Spalt gesetzt werden.

Um die Prismen zwischen die Objektive einzusetzen, sind zwei Teller aus Messing vorhanden. Der eine dient für das Glasprisma oder das eine Quarzprisma, während der andere zwei oder drei Quarzprismen tragen kann. Man sieht in der Figur den Teller mit einem Prisma vorn vor dem Spektrographen stehen. Das Prisma ist auf einen kleinen Aluminiumsockel mittels zweier Schrauben aufgesetzt und steht in Verbindung mit einer Vorrichtung zur Erhaltung des Minimums. Ein Führungsstift, welcher sich unter dem Objektiv der Kamera befindet, greift nämlich in dieser Vorrichtung in einen Schlitz ein, sodaß bei der Drehung der Kamera um die Achse des



Apparates die symmetrische Stellung des Prismas zu Kollimator und Kamera erhalten bleibt. Der ganze Teller mit dem Prisma und der genannten Einrichtung zur Erhaltung des Minimums wird in das Aluminiumgehäuse eingesetzt und mit fünf Kordelschrauben auf der Grundplatte befestigt. Der Durchmesser der Grundplatte beträgt 35 *cm*. Der zweite Teller kann 2 oder 3 Prismen aufnehmen. Es sind zwei Schlitze in der Vorrichtung zur Erhaltung des Minimums angebracht, und der Führungsstift greift, je nachdem 2 oder 3 Prismen verwendet werden, in den einen oder andern ein. Mit der größten Leichtigkeit kann der eine Teller durch den andern ersetzt werden. Auf der Abbildung ist der Teller mit den 3 Prismen eingesetzt. Der Vorteil dieser Teller ist ohne weiteres klar. Bei der Größe der Teller ist die Befestigung mit fünf Schrauben äußerst solid, und das Umsetzen geschieht sehr rasch, es erfordert kaum mehr wie eine Minute.

Gleichzeitig muß das Kollimatorrohr von der ersten in die zweite Position versetzt werden, wie oben erwähnt ist.

Die Einrichtung für das Plangitter erkennt man ebenfalls auf der Abbildung links. Statt eines Tellers wird der Träger mit dem Gitter in die Mitte auf die drehbare vertikale Achse aufgeschraubt. Die Kamera wird dann unter beliebigem, ablesbarem Winkel, z. B. 90°, gegen den Kollimator gestellt. Das Gitter kann gedreht werden sowohl an einer in der Figur nicht sichtbaren Handschraube, die unter dem Apparat in der Mitte liegt, als auch mikrometrisch (in der Figur vorn rechts, unten am Ring).

Die Kamera ruht ähnlich wie der Kollimator auf einem Tisch, der an einem um die Achse des Apparates drehbaren, soliden Arm montiert ist. Sie wird mit einer starken, in der Figur sichtbaren Schraube von Hand festgestellt. Die Stellung für die verschiedenen Kombinationen ist gegeben durch diese Schraube und den oben erwähnten Führungsstift. Auch die Kamera kann in beliebiger, ablesbarer Stellung (Teilkreis in $^1/_2{}^0$ geteilt) arretiert werden. Am äußeren Ende der Kamera befindet sich ein vertikal stehender Hohlzylinder, in dem der von oben nach unten verschiebbare Kassettenträger läuft. Die Höhenverschiebung wird an einer seitlich angebrachten Millimeterskale abgelesen. Die Kassette ist für das Format 9×12 *cm* eingerichtet; sie hat eine Tiefe von 10 *mm*, sodaß man Einlagen für Films machen kann, welche mit der Krümmung der Bildfläche übereinstimmen. Bei Verwendung von Quarzprismen und einfachen Quarzlinsen ist dies ja bekanntlich notwendig, um gleichzeitig ein größeres Stück des Spektrums scharf zu erhalten. Ebenso kann die Neigung der Kassette gegen die optische Achse des Objektives in weiten Grenzen variiert und an einem oben angebrachten Teilkreis abgelesen werden. Die ganze Kamera sowie alle Teile des Apparates, welche es wegen der Festigkeit erlauben, sind aus Aluminium hergestellt. Für die optische Einstellung und Beobachtung wird die Kassette ersetzt durch eine Einstellscheibe, welche zur Hälfte aus einer Mattscheibe, zur andern Hälfte aus Uranglas besteht. Eine passende Lupe wird davor angeschraubt. Beide Hülfsapparate sieht man ebenfalls in der Abbildung vor dem Instrument liegen. Vorn rechts erkennt man noch das Verlängerungsstück (9 *cm* lang), welches vor dem Kassettenträger eingeschaltet werden kann. Es enthält eine verschiebbare, bikonkave Quarzlinse zur Vergrößerung des Bildes.

Durch Anhängen von Kulissen wird das Aluminiumgehäuse lichtdicht verschlossen und mit einem Deckel zugedeckt. In der Figur ist absichtlich eine solche Kulisse und der Deckel weggelassen worden.

Die Bildeinstellung geschieht durch Verschiebung der Objektive und durch Neigung der Kassette.

Basel, den 7. Oktober 1908.

Referate.

Stereophotogrammetrische Landesvermessung.

Von F. V. Thompson. *Geographical Journ.* **31.** *S. 534. 1908.*

Autostereograph.

Von E. v. Orel. *Intern. Archiv f. Photogrammetrie* **1.** *S. 135. 1908.*

Diese beiden Arbeiten behandeln eine am Pulfrichschen Stereokomparator anzubringende Verbesserung, die den Zweck erfüllt, die Ablesungen an den Maßstäben ganz oder teilweise unnötig zu machen und dafür die mit den Platten ausgeführten Verschiebungen auf ein mit dem Stereokomparator fest verbundenes Zeichenbrett zu übertragen. In der Abhandlung von Thompson liegt der erste Bericht aus England über Erfahrungen in der stereophotogrammetrischen Landes-Vermessung vor, der nach verschiedenen Richtungen hin interessant ist. Nach einer Einleitung, in der das Verhältnis der Meßtisch-Topographie zur Stereophotogrammetrie zutreffend dargestellt wird, die aber dem mit der kontinentalen Literatur (v. Hübl, Laussedat, Nouffer, Pulfrich, Seliger, Trnck) vertrauten Leser nichts Neues bietet, folgt eine kurze Skizzierung der „Meßtisch-Photogrammetrie" die in Canada unter der Leitung von E. Deville zur Aufnahme ausgedehnter Gebiete gedient hat. Alsdann zählt der Verf., wohl ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu erheben, die ersten Arbeiten über

Stereophotogrammetrie auf; die Angabe, die Methode wäre von Pulfrich auf eine praktische Grundlage gestellt worden, nachdem sie bereits einige Jahre vorher von Deville erfunden war, darf nicht unberichtigt bleiben: der Verf. sei vielmehr daran erinnert, daß die grundlegende Arbeit Pulfrichs „Über neuere Anwendungen der Stereoskopie und über einen hierfür bestimmten Stereokomparator" in *dieser Zeitschr. 22. S. 65, 133, 178 u. 229* bereits 1902 erschienen war, daß also von einer Priorität des Devillieschen Stereoplanigraphen gegenüber dem außerdem gänzlich abweichend davon konstruierten Stereokomparator nicht die Rede sein kann; man vgl. hierzu noch *diese Zeitschr. 23. S. 135. 1903. Anmerk. 1.*

Verf. schildert dann die Pulfrichsche Methode; er ist ein Freund der festen Basis (100, 200 oder 300 engl. Fuß) und verwendet zur Ausmessung Diapositive, während sonst zur Vermeidung einer Fehlerquelle nur mit den Negativen gearbeitet wird. Die feste Basis gestattet, die Parallaxen-Teilung am Stereokomparator so zu hoizifern, daß man die Entfernungen direkt ablesen kann; diese Annehmlichkeit setzt leider voraus, daß das Gelände die Einhaltung einer festen Basis ermöglicht, was im Gebirge oft nicht der Fall sein wird.

Eine kurze Beschreibung von Pulfrichs Stereokomparator schließt der Verf. mit der Bemerkung, es könne das Gedächtnisbild der Landschaftsform in der unmittelbaren Umgebung des gemessenen Punktes leicht verloren gehen, während man die drei Teilungen abliest und den Punkt auf dem Zeichenbrette einträgt. Um diese Arbeit zu vereinfachen und abzukürzen, hat der Verf. nach Anfang 1907 unternommenen Versuchen einen stereoskopischen, automatischen Kartierungsapparat, den „*Stereoplotter*" erdacht, mit Hrn. Conrady durchkonstruiert und bei der Firma Watson & Sons anfertigen lassen.

Der „*Stereoplotter*" stellt einen Stereokomparator dar, bei dem die Maßstäbe für die Ordinate und die Abszisse nicht abgelesen zu werden brauchen; es werden vielmehr die entsprechenden Schlittenverschiebungen durch Schrauben ohne Ende übertragen auf das mit dem Komparator fest verbundene Zeichenbrett und hier, zusammen mit der an der spiraligen Teilung der Parallaxenschraube abgelesenen Entfernung, zeichnerisch verwertet zu den wahren Höhen und Abszissen.

Da die beschriebene Einrichtung nur provisorischen Charakter hat und den Verf. durch die guten, dabei gemachten Erfahrungen zur Konstruktion eines gänzlich automatischen Apparats ermutigt hat, soll hier von einer Diskussion der Fehlerquellen abgesehen werden; jedenfalls stellt die Erfindung Thompsons eine durchaus glückliche Ergänzung des Stereokomparators dar, die vom Verf. bereits soweit ausgearbeitet ist, daß er in der Stunde 100 bis 150 Punkte festlegen konnte, d. h. mindestens das Dreifache dessen, was man bisher mit dem Stereokomparator leisten konnte. In der sich an den Vortrag anschließenden Diskussion fand sich nicht ein einziger Redner, der den Verf. auf die seit Jahren in Deutschland, Österreich, Rußland und Spitzbergen ausgeführten umfangreichen *praktischen Arbeiten* n der Stereophotogrammetrie aufmerksam gemacht hätte, die vom Verf. auffallenderweise zugunsten der Beschreibungen der ohne jede Verbreitung gebliebenen Konstruktionen von Deville und Foureade ignoriert worden sind.

Der v. Orelsche „*Autostereograph*", der in einer kurzen, ebenfalls nur provisorischen Mitteilung beschrieben wird, faßt das Problem von einer anderen Seite an; es wird nämlich die *automatische Ermittelung* der wahren *Entfernung* eines Punktes als Grundlage des Verfahrens gewählt, während an dem oben erwähnten Thompsonschen „*Stereoplotter*" die *Entfernung* an der Parallaxenschraube *abgelesen* wird. Außerdem ist der v. Orelsche Apparat für beliebige Standlinien und Brennweiten eingerichtet und gestattet ein unmittelbares Legen der Horizontalschichten; er leistet also bereits das, was der geplante, vollkommenere Apparat Thompsons leisten soll. Der erste Autostereograph wurde „im mathematisch-mechanischen Institute von „Ad. & Aug. Rost in Wien mit anerkennenswerter Präzision ausgeführt; die weitere Be„arbeitung mit Einrichtung für direktes Schichtenlegen wurde von der Firma C. Zeiß in „Jena übernommen". Eine ausführliche Beschreibung nach Fertigstellung des zweiten Instruments wird in Aussicht gestellt.

Die Mitarbeit der beiden, in der praktischen Landesvermessung tätigen Offiziere auf dem aussichtsvollen Arbeitsfelde der Stereophotogrammetrie ist mit Freuden zu begrüßen. *Lö.*

Planimeter System Pregél.

Von E. O. Richter & Co. in Chemnitz. *Nach dem Instrument.*

Unter dem vorstehenden Namen bringt die Reißzeugfabrik E. O. Richter & Co. ein auf Anregung von Hrn. Prof. Th. Pregél in Chemnitz konstruiertes Planimeter in den Handel, das freilich, wie so viele neuere Instrumente, nur eine Abänderung des Prytzschen Beilschneidenplanimeters vorstellt. Der Preis ist, der feinern Ausführung entsprechend, höher als beim Prytzschen Instrument (24 M. in Etui); Anwendung und Leistungen sind dieselben: Fehler bei günstig geformten Flächen zwischen 30 und 100 *qcm* Inhalt bei $a = 25$ *cm* (s. u.) etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{200}$ des Inhalts.

Statt des Schneidenrades bei mehreren Abänderungen des Prytzschen Instruments sind hier *zwei* solche Räder vorhanden, mit getrennten Achsen; in der beistehenden Figur

ist das eine davon sichtbar. An dem Metallblock, an dessen Enden diese zwei Schneidenräder sitzen, ist die Fahrstange befestigt, nicht ganz in der Mitte zwischen beiden Rädern, weil dann auch an der Fahrstange der Fahrstift um jene Exzentrizitätsstrecke herausgerückt ist. Nahe beim Fahrstift ist eine Handhabe zur Führung an besonderer Hülse vorgesehen, mit kleinem Knopf, der den Fahrstift um eine minimale Strecke von der Papierfläche abhebt.

An jenem Metallblock sitzt in der Mitte zwischen beiden Schneidenrädern eine zum federnden Niederdrücken eingerichtete Stechnadel, mit scharfem kleinem Ringrand umgeben, zur Bezeichnung von Anfangs- und Endstellung der Armlage bei der Umfahrung einer Fläche. Bekanntlich ist bei dieser Umfahrung von einem nach Augenmaß dem Schwerpunkt der Fläche entsprechenden Punkt auszugehen und dorthin zurückzukehren. Der genäherte Flächeninhalt ist das Produkt aus der festen Strecke a zwischen Rädern und Fahrstift, multipliziert mit der Entfernung b zwischen Anfangs- und Endmarke. Eine Längenteilung oder wenigstens Strichmarken sollten auf der Oberfläche oder an der Seite des Fahrarms nicht fehlen, um a bequem einstellen zu können.

Eine Theorie des Instruments ist weder in dem von der Fabrik beigegebenen Prospekt angedeutet, noch dem Ref. sonst bekannt geworden; es ist aber jedenfalls zunächst auch theoretisch die Wirkung der *zwei* Schneidenrollen statt der sonst einzigen zu untersuchen.

Hammer.

Fahrbarer Staffelapparat.

Von F. Fuhrmann. *Zeitschr. f. Vermess.* **37.** *S. 826. 1908.*

Der Apparat (D. R. G. M. 261 953) soll die „drei ohne Verbindung unter einander stehenden" Meßwerkzeuge (Setzlatte mit Setzwage, Ablesestab, Bussole; oder schiefe Länge, Höhenwinkel, Bussole) und Messungen: Längen-, Höhen- und Richtungsmessung bei Aufnahme von Geländeschnitten (Profilen) für Höhenkurvendarstellungen in Plänen u. dgl. kombinieren und ganz ohne Rechnung ausführen. Er besteht aus einem auf zwei gleichen *Rädern* sitzenden Rahmen, in dessen mittlerem Teil ein großer Kreisbogen mit darauf spielendem, sich vertikal stellendem langem Zeiger angebracht ist. Der Kreisbogen trägt drei Skalen: eine für den Neigungswinkel, eine zweite für den Höhenunterschied der zwei Punkte, auf dem das vordere und das hintere Rad ruhen, die mittlere endlich für die Reduktion des Radabstands auf die Horizontale. Die Ablesemarke des Zeigers steht an allen drei Skalen auf dem Nullpunkt, wenn der Wagen auf horizontaler Strecke ruht. Die Entfernung der beiden Radachsen soll

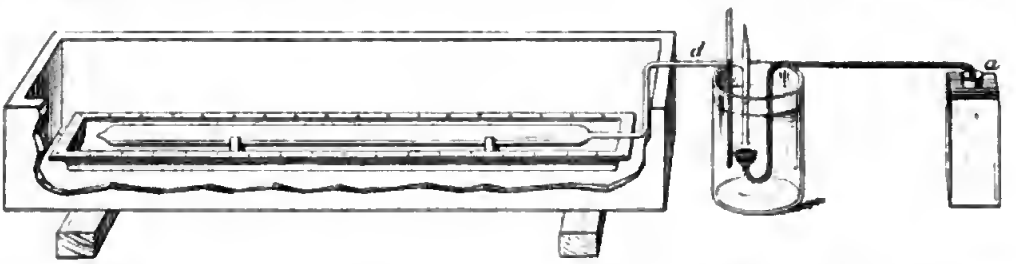
beispielsweise gleich 4 *m* genommen werden, der Durchmesser der zwei Räder so, daß jedes davon diese 4 *m*-Strecke in genau *zwei* Umdrehungen durchfährt (Durchmesser also 637 *mm*). Um die Ablesungen an den Kreisbogenskalen in mittlerer Augenhöhe (1,7 *m*) vornehmen zu können, müßte der Rahmen eine Höhe von 1,70 — 0,32 = 1,38 *m* erhalten, und dies wäre also auch etwa der Halbmesser der Kreisbogenskalen. Dabei würde einer Änderung der Neigung der Verbindungslinie der Radachsen um 0,1° eine Bogenlänge von $2^1/_2$ *mm* entsprechen, einem Höhenunterschied zwischen vorderem und hinterem Rad von 1 *cm* ein Betrag von mindestens $3^1/_3$ *mm*; endlich hätte die Reduktion auf horizontale Strecke für je 1 *cm* einen Mindestbetrag von $5^1/_3$ *mm*. Die Genauigkeit könnte also größer sein, als bei den gewöhnlich verwendeten Apparaten.

Der Verf. zählt die Messungsaufgaben auf, bei denen das neue Werkzeug benutzt werden könnte; ausgeführt scheint es noch nicht zu sein, der Ref. hält es aber der Ausführung und Erprobung für durchaus würdig. *Hammer.*

Die Ausdehnung des Wassers.

Von P. Chappuis. *Trav. et Mém. du Bureau Intern. des Poids et Mesures* **13**. 1904 (1907). 40 S.

Die Untersuchungen über die Ausdehnung des Wassers wurden nach der Methode des Gewichtsthermometers ausgeführt. Um die Unsicherheit zu umgehen, die darin besteht, daß man bei solchen Messungen über die Ausdehnung des Gewichtsthermometer-Reservoirs Annahmen machen muß, welche von anderen, noch dazu anders gestalteten Glasgefäß-



individuen abgeleitet sind, benutzte der Verf. ein mehr als 1 *m* langes Gewichtsthermometer-Gefäß von etwa 1 Liter Inhalt, das horizontal gelagert und in 1 *m* Entfernung mit Strichen versehen war, sodaß es möglich wurde, die Ausdehnung des Gefäßes selbst auf dem Komparator zu bestimmen. Das Thermometergefäß setzte sich (s. die Figur) nach *d* hin in ein U-förmiges Rohr mit einer eingeschalteten kugelförmigen Erweiterung fort, welches seinerseits wieder in einer horizontalen, am Ende leicht nach unten umgebogenen Kapillare ihre Fortsetzung fand. Das U-förmige Rohr war bis zur Hälfte der kugelförmigen Erweiterung mit Quecksilber gefüllt, welches das auf die Ausdehnung zu untersuchende Wasser abschloß. Die Abgleichung der Wassermenge erfolgte mit Zuhülfenahme der in der Figur sichtbaren Spitze, die hernach abgeschmolzen wurde. Bei Ausdehnung bezw. Zusammenziehung des Wassers wurde Quecksilber in das am Ende der Kapillare untergesetzte Näpfchen ausgestoßen bezw. von dort angesaugt; kleinere Volumenänderungen des Wassers wurden verfolgt, indem man nach Erwärmung über die gewollte Beobachtungstemperatur das Quecksilber bei *a* abreißen ließ und nun den Stand des Meniskus in der zu diesem Zwecke kalibrierten horizontalen Kapillare beobachtete. Um in diesem Falle von den störenden Feuchtigkeitseinflüssen frei zu sein, wurde das Ende der Kapillare bei *a* mit einem Trockenmittel verbunden.

Bei den ersten Versuchen, welche der Verf. in den Jahren 1891 und 1892 anstellte, wurde das Gewichtsthermometer-Reservoir aus einer Röhre aus Hartglas (*verre dur*) gebildet. Diese Beobachtungen zerfallen in zwei verschiedene Reihen, die sich wesentlich dadurch unterscheiden, daß bei der zweiten die Dimensionen des U-förmigen Hülfsgefäßes erheblich verringert wurden. Die weiteren Versuche wurden dann i. J. 1897 mit einem 106 *cm* langen, 36 *mm* weiten Gefäß aus Platiniridium angestellt.

Die Beobachtungen erstrecken sich, abgesehen von einem vereinzelten Versuch bei 100°, über das Temperaturintervall von 0° bis 42°; die Temperaturmessungen erfolgten in allen Fällen mit Quecksilberthermometern. Alle Hülfsmessungen wie Volumbestimmungen, Kalibrierungen u. s. w. wurden mit großer Sorgfalt ausgeführt. Die Beobachtungsresultate wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen und durch Interpolationsformeln dargestellt.

Die beiden Beobachtungsreihen mit dem Gefäß aus *verre dur* stimmen gut miteinander überein. Nicht ganz so gut ist die Übereinstimmung zwischen diesen Messungen und den späteren am Platiniridiumgefäß. Die Abweichungen erreichen hier für die Dichte 5 Milliontel, d. h. 5 Mikroliter pro Liter, bei 40° und verlaufen wesentlich proportional der Temperatur. Verf. glaubt diese Unterschiede daraus erklären zu sollen, daß die Ausdehnung des Platiniridiums weniger genau bestimmt ist, als diejenige des Hartglases, während andererseits die Ausdehnung des letzteren Materials mehr durch Nachwirkungserscheinungen beeinflußt wird. Immerhin ist die Übereinstimmung doch als eine zufriedenstellende anzusehen.

Verf. vergleicht das Mittel aus seinen beiden Reihen mit den Resultaten anderer Beobachter. Aus der diesbezüglichen von Grad zu Grad fortschreitenden Tabelle der Dichten seien die Zahlen von 5 zu 5 Grad bezogen auf die Dichte bei 4° (das Dichtemaximum findet Chappuis bei 3,98 bezw. 3,99°) hier wiedergegeben.

Temperatur	Herr	Marek	Thiesen, Scheel, Diesselhorst	Chappuis
0	0,999883	0,999877	0,999868	0,999868
5	0,999992	0,999992	0,999992	0,999992
10	0,999736	0,999733	0,999727	0,999728
15	0,999148	0,999135	0,999126	0,999127
20	0,998261	0,998234	0,998230	0,998234
25	0,997109	0,997068	0,997071	0,997077
30	0,995725	0,995672	0,995673	0,995678
35	—	—	0,994058	0,994061
40	—	—	0,992241	0,992250

Zum Schluß gibt der Verf. Tabellen zwischen 0° und 41° von 0,1° zu 0,1° für die Dichte und das spezifische Volumen des luftfreien Wassers, bezogen auf den normalen Druck von 760 *mm* Hg. Die Zahlen sind als Mittelwerte aus seinen Bestimmungen mit dem Gefäß aus *verre dur* und dem Gefäß aus Platiniridium nach folgenden Formeln berechnet:

Zwischen

0 und 10,3 Grad $v_t = v_0 (1 \quad - 67{,}464645 \cdot t + 8{,}934223 \cdot t^2 - 0{,}07891946 \cdot t^3) \cdot 10^{-6}$

10,3 „ 13 „ $v_t = v_0 (1 - 54{,}7835 - 55{,}212760 \cdot t + 7{,}945055 \cdot t^2 - 0{,}04800150 \cdot t^3) \cdot 10^{-6}$

13 „ 41 „ $v_t = v_0 (1 - 114{,}5565 - 42{,}940141 \cdot t + 7{,}106115 \cdot t^2 - 0{,}02905759 \cdot t^3) \cdot 10^{-6}$.

Schl.

Über die Normal-Temperaturskale zwischen 0° und 100° C.

Von C. W. Waidner und H. C. Dickinson. *Bull. of the Bureau of Standards* **3**. *S. 663. 1907.*

Den Hauptzweck der vorliegenden Untersuchungen bildete die Festlegung der internationalen Temperaturskale durch eine Anzahl von Normal-Quecksilberthermometern ersten Ranges. Ähnliche Untersuchungen sind schon früher ausgeführt, z. B. von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[1]), sodaß sie im ganzen genommen nicht eigentlich Neues bieten,

[1]) J. Pernet, W. Jaeger u. E. Gumlich, Thermometrische Arbeiten, betreffend die Herstellung und Untersuchung der Quecksilber-Normalthermometer. *Wissenschaftl. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **1**. *S. 1—105 u. 1*—439*. 1894* (ausführl. Auszug in *dieser Zeitschr.* **15**. *S. 2. 41, 81, 117. 1895*). — M. Thiesen, K. Scheel u. L. Seli, Thermometrische Arbeiten, betreffend die

wohl aber in Einzelheiten, sowohl bezüglich der Anordnung der Apparate als auch bezüglich der Resultate. Außerdem ist hervorzuheben, daß keine der bisherigen Untersuchungen dieser Art mit so umfangreichen und ausgezeichneten Mitteln ausgeführt worden ist wie diese. Zu den Untersuchungen dienten 16 Haupt-Normalthermometer aus *verre dur*, deren Kaliberkorrektionen, Fundamentalabstände und Druckkoeffizienten vom *Bureau international* in Sèvres in den Jahren von 1885 bis 1903 bestimmt worden waren. Da die Temperaturskalen, welche durch diese Thermometer dargestellt werden, sehr wahrscheinlich nicht vollkommen miteinander übereinstimmen, so war es eine der Aufgaben der vorliegenden Untersuchung, die Größe dieser Abweichungen festzustellen, also die Superkorrektionen zu bestimmen, die bei verschiedenen Temperaturen an die durch jedes Thermometer definierte Temperaturskale anzubringen sind, um sie auf die mittlere Skale aller Thermometer zu reduzieren und auf diese Weise eine Normal-Temperaturskale von größtmöglicher Genauigkeit herzustellen. Mehrere dieser Thermometer waren mit den vier Normalthermometern des *Bureau international*, welche die internationale Wasserstoffskale repräsentieren, direkt verglichen worden; es war deshalb auch möglich, die durch die 16 Thermometer dargestellte Skale des *Bureau of Standards* mit der internationalen Skale in Beziehung zu setzen.

Die Resultate der Wiederbestimmung der Konstanten dieser Thermometer und ihrer Vergleichungen in verschiedenen Gruppen von 10° zu 10° in dem Intervall von 0° bis 100° können kurz dahin zusammengefaßt werden, daß die mittlere Skale, welche durch die 16 Haupt-Normalthermometer bestimmt ist, mit der mittleren *verre dur*-Skale des *Bureau international* übereinstimmt und deshalb dazu dienen kann, die internationale Wasserstoffskale innerhalb etwa 0,002° zu reproduzieren. Dies ist wahrscheinlich die Genauigkeitsgrenze, welche zurzeit mit Quecksilberthermometern erreichbar ist und auch bei den Untersuchungen der Reichsanstalt eingehalten wurde.

Bezüglich der Einzelheiten ist folgendes zu bemerken. Eine vollständige Nachkalibrierung der Thermometer wurde nicht für erforderlich gehalten, da kleinere Fehler in den Kaliberkorrektionen sich in den Superkorrektionen, die durch die Vergleichung gefunden werden, erkennen lassen. Man begnügte sich mit der Kontrolle durch einige Hauptfäden und damit, bei denjenigen Thermometern, deren Kalibrierung schon sehr weit (nahezu 20 Jahre) zurücklag, nachzuprüfen, ob eine Änderung der Kaliberkorrektionen, die bei 50° am größten sein müßte, eingetreten sei. Es ergab sich, daß die Unterschiede von den in Sèvres gefundenen Korrektionen innerhalb der Grenzen der Experimentalfehler (0,002°) blieben.

Die Bestimmung der Siedepunkte geschah in dem Chappuisschen Apparat, der zur Vermeidung der Korrektion für den herausragenden Faden mit einem kleinen Zusatzapparat versehen wurde, sodaß sich die Thermometer ganz in Dampf befanden. Ähnliche Vorrichtungen sind schon früher angewendet; so hatten Pernot, Jaeger und Gumlich bei ihren Siedepunktsbestimmungen zu diesem Zweck den Siedeapparat eben mit einer Glasglocke versehen, sodaß die Thermometer ganz eintauchten, auch sind bei den Prüfungsarbeiten der Abteilung II der Reichsanstalt des öfteren solche kleinen Zusatzapparate zur Vermeidung der Fadenkorrektion benutzt worden, die mit Wasserdampf oder Dampf anderer Flüssigkeiten geheizt wurden. Der von den Verfassern benutzte Erhitzer für den herausragenden Teil des Thermometers ist in Fig. 1 abgebildet, wie er auf dem oberen Teil des Siedeapparates befestigt ist. Durch das Kupferrohr *C* wird ein Strom von Druckluft geleitet, der durch den Bunsenbrenner *B* auf einer Temperatur von 100° bis 105° gehalten wird und dann in den Raum *A* eintritt, der den herausragenden Teil des Thermometers *T* umschließt. Die Temperatur in *A* wird an dem kleinen eingesetzten Thermometer *t* gemessen und durch Ventile in den Luft- und Gaszuleitungsröhren reguliert. Wenn der Apparat richtig ein-

Vergleichungen von Quecksilberthermometern unter einander. *Ebenda* **2.** *S. 1—71. 1895* (ausführl. Auszug in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 433. 1895*). — Fr. Grützmacher, Untersuchung von Thermometern aus älteren Glassorten und Nachprüfung von Haupt-Normalthermometern der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Ebenda* **3.** *S. 229—268. 1900* (Referat in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 243. 1900*).

reguliert ist, kann man die Temperatur beliebig lange konstant auf 100° halten und so alle Fehler, die aus der Verdampfung des Quecksilbers in den Thermometern entstehen, vermeiden.

Um ein gleichmäßiges sanftes Sieden hervorzurufen, wurden in das Wasser einige kleine Quarzkristalle gebracht. Vor dem Einbringen in den Siedeapparat sind die Thermometer erst 10 bis 15 Minuten in einem gewöhnlichen Regnaultschen Siedeapparat erhitzt worden.

Zur Bestimmung des Luftdrucks wurde ein Fueßsches Gefäß-Heberbarometer benutzt, dessen Teilung bis auf 0,02 *mm* als richtig befunden wurde. Sein Nonius war in 0,02 *mm* geteilt, und die Ablesefehler lagen innerhalb 0,02 oder 0,03 *mm* für verschiedene Beobachter. Zur Kontrolle ist es noch mit einem anderen Normalbarometer verglichen, das im *Bureau of Standards* hergestellt worden war. Bei der Vergleichung beider Barometer ergaben sich Differenzen, die nie 0,02 *mm* überschritten.

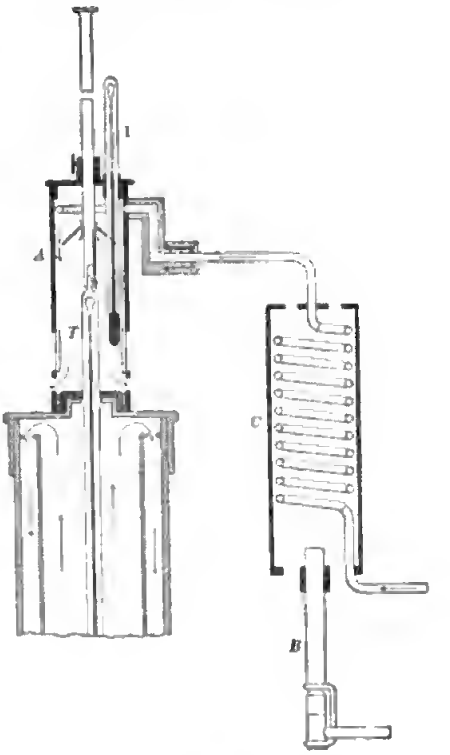


Fig. 1.

Um bei den Eispunktsbestimmungen auch steigende Temperaturen zu haben, bei welchen die Einstellung des Meniskus sicherer ist, wurden die Thermometer vor dem Einbetten in Eis stets 15 Sek. lang auf eine Temperatur von $-2°$ bis $-3°$ abgekühlt. Der für diesen Zweck benutzte Überkühler bestand aus einer mit Filz umkleideten Flasche, die mit einem Gemisch aus Eis und Salz gefüllt war, in dessen Mitte sich eine Probierröhre befand, die genug Quecksilber enthielt, um die Gefäße der Thermometer vollständig zu bedecken.

Da nach der Abkühlung eines erhitzten Thermometers sich der Eispunkt sofort wieder zu heben beginnt, es aber unmöglich ist, ein Thermometer von 100° augenblicklich auf 0° abzukühlen, so war der in Eis beobachtete Stand nicht der tiefste Stand des Thermometers. Die Eispunktsablesungen begannen 2 Min. nach Einbettung und waren in ungefähr 4 Min. beendet. Es wurden deshalb alle Eispunktsbestimmungen auf eine Zeit von 3 Min. nach dem Herausnehmen des Thermometers aus dem Dampf reduziert, wobei als Korrektion für den Anstieg des Eispunkts 0,0011° für die Minute angenommen wurde. Die Reinheit des aus filtriertem und doppelt destilliertem Wasser hergestellten Eises wurde durch Prüfung der Leitfähigkeit des Schmelzwassers nach der Kohlrauschschen Methode festgestellt.

Über die Genauigkeit der Bestimmungen des Fundamentalintervalls ist folgendes zu sagen. Die mittlere Differenz zwischen den unabhängigen, aber gleichzeitigen Bestimmungen zweier Beobachter beträgt 0,002°; in nur 11 von 216 Bestimmungen weichen die beiden Beobachter um 0,005° ab, aber die Größe des Fundamentalintervalls zu verschiedenen Zeiten zeigt Abweichungen bis 0,015°. Die Verf. sind der Meinung, daß diese Abweichungen zum Teil im Haftenbleiben des Meniskus und daraus resultierenden Variationen in dem Kapillardruck und zum andern Teil in geringen Veränderungen des Ausdehnungskoeffizienten des Glases begründet liegen. Die Differenz zwischen den von den Verf. und im *Bureau international* gefundenen Fundamentalabständen beträgt + 0,002°.

Für die Depression des Eispunktes wurde folgende Formel gefunden:

$$Z_0 - Z_t = 0{,}000930\, t + 0{,}0000013{,}00\, t^2,$$

worin Z_0 und Z_t die korrigierten Eispunktsablesungen am Thermometer nach 0° und nach $t°$ bedeuten. Die Werte dieser Formel stimmen mit den beobachteten Eispunkten bis auf 0,0008° überein und liegen ungefähr in der Mitte zwischen den von Guillaume und von Thiesen, Scheel und Sell gefundenen Zahlen für Thermometer aus *verre dur*.

Bei der Vergleichung der Thermometer unter einander wurde der in Fig. 2 im Durchschnitt dargestellte Apparat benutzt, der von den Verf. entworfen und in der Werkstatt des *Bureau of Standards* angefertigt ist. Er gibt mittels elektrischer Heizung und Kaltwasser- und Warmwasser-Zirkulation die Möglichkeit, innerhalb des Intervalls von 5° bis 90° jede beliebige Temperatur rasch zu erreichen mit einer Steigerung von 2° bis 4° in der Minute, und sie innerhalb weniger tausendstel Grad für viele Minuten konstant zu halten oder in jedem gewünschten Maße zu verändern.

Der Apparat besteht aus einem dreiwandigen Wasserbad, das in vertikaler oder horizontaler Lage gebraucht werden kann, mit Spiralröhren für Wasserzufuhr zur raschen Erhitzung und Abkühlung und mit elektrischer Heizung zur genauen Regulierung der Temperatur. Ein elektrisch betriebenes Rührwerk in Form einer Schiffsschraube bewirkt die vollkommene Zirkulation und Durchmischung des Wassers. Der obere Teil des Apparats besteht aus drei konzentrischen Röhren aus Messing und enthält im Innern einen Halter *H*

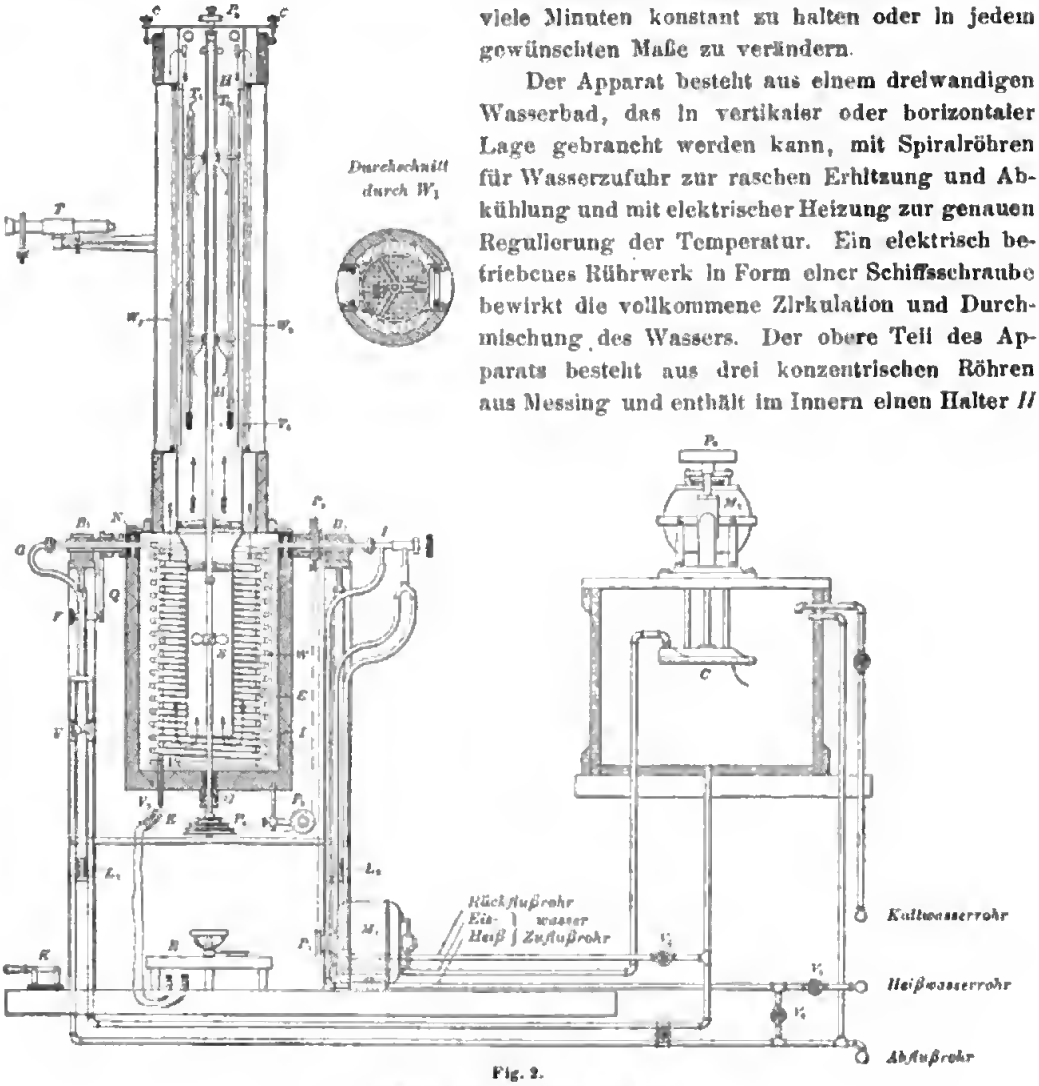


Fig. 2.
T_1 T_2 Thermometer; T Ablesemikroskop.
P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 Rollen mit Schaurläufen.
V_4 V_5 V_6 Regulierventile für den Wasserumlauf.
V Steuerungsventil für den Kaltwasserumlauf.

für 14 Thermometer. Zwischen den beiden äußeren Röhren befindet sich eine Packung von Haarfilz, und zwischen den beiden inneren geht der Wasserstrom abwärts, nachdem er in dem inneren Raum aufwärtsgehend die Thermometer umspült hat. Die Ablesung der Thermometer geschieht durch Glasfenster W_1 W_2; auch andere Details des oberen Teils lassen sich unschwer aus der Zeichnung entnehmen. Der untere Teil des Apparates besteht aus einer inneren Kammer aus Messing, umkleidet mit einer starken Filzschicht, und einem beweglichen äußeren Gefäß. Die innere Kammer enthält alle die Mittel zur Sicherung der Temperaturregelung und des Wasserumlaufs, zunächst das mit dem Einlaßrohr *I* und dem Auslaßrohr *O* verbundene Spiralrohr *W*, durch welches heißes oder kaltes Wasser geschickt werden kann.

Für Temperaturen unter derjenigen des Zimmers wird das Wasser einem Eiswassergefäß C entnommen, für höhere Temperaturen wird zur schnellen Erhitzung heißes Wasser zugeführt und die genaue Regulierung durch die elektrische Heizvorrichtung E bewirkt. Letztere besteht aus einer $^3/_8$-zölligen Messingröhre, in welche zwei mit Asbest bekleidete Drahtspiralen eingeführt sind, deren Kombinationen drei Erhitzungsverhältnisse für jede elektromotorische Kraft liefern, und welche in Verbindung mit dem Rheostaten R eine Regulierung von wenigen Watt bis zu 800 Watt aufwärts gestatten. Das Durchrühren des Wassers bewirkt die Schraube S, welche von dem 75 Watt-Motor M_1 getrieben wird; bei G ist eine Stopfbüchse angebracht.

Um den Apparat in horizontaler Lage zu gebrauchen, wird die Feder F gelöst, wodurch der Apparat umkippt, ohne daß sonst irgend etwas in der Wirkung irgendeines Teiles des Apparats geändert wird.

Bezüglich der Methode der Vergleichung ist zu bemerken, daß im allgemeinen bei steigender Temperatur verglichen wurde; das Tempo der Temperatursteigerung schwankte meist zwischen 0,005° und 0,009° in der Minute; doch wurde auch bei geringerer Steigerung und bei scheinbarer Temperaturkonstanz beobachtet. In den letzteren Fällen waren die Unregelmäßigkeiten in den Resultaten stets größer als bei schnellerem Ansteigen der Temperatur, was in unregelmäßigen Veränderungen der Kapillarkräfte des Quecksilbermeniskus begründet liegt. Pernet[1]) hat schon gezeigt, daß bei Thermometern mit sehr feiner Kapillar-Öffnung der Unterschied zwischen den Angaben bei steigender und fallender Temperatur 0,07° C. erreichen kann. Es wurde oft beobachtet, daß ein Thermometer eine absolut konstante Temperatur angab, während die zu beiden Seiten befindlichen Thermometer in demselben Bade einen ganz entschiedenen Anstieg bis 0,01° und mehr anzeigten. Es ist deshalb nicht geraten, sich bei den Ablesungen Mikrometer zu bedienen, da die Genauigkeit in der Schätzung bei einem geübten Beobachter beträchtlich die Genauigkeit überschreitet, die eine einzelne Angabe der Thermometer gewährleisten kann. Im übrigen wurden die Vergleichungen in der gewohnten Weise ausgeführt; die Thermometer wurden in Intervallen von 10 Sek. vorwärts und rückwärts abgelesen, bis jedes von jedem Beobachter 6-mal abgelesen war. Alsdann wurden die Thermometer in dem Halter so gedreht, daß ihre Teilungen hinter dem Quecksilberfaden waren, und es wurden nun wiederum zwei Serien von Ablesungen gemacht, nach deren Schluß die Thermometer wieder in ihre erste Stellung gebracht und nochmals verglichen wurden. Im ganzen ist bei jeder Vergleichstemperatur jedes Thermometer von jedem Beobachter 24-mal abgelesen worden. Das Mittel der 24 Ablesungen wurde dann für Kaliber, äußeren und inneren Druck, Eispunkt und Fundamentalabstand korrigiert. Die so erhaltenen Temperaturen sind Temperaturen in der *verre dur*-Skale, bestimmt durch die verschiedenen Thermometer. Die Abweichungen der einzelnen Thermometer von der mittleren Skale aller Thermometer gibt die Superkorrektionen für jedes Thermometer, die an dessen reduzierten Angaben angebracht werden müssen, um mit der Normalskale des *Bureau of Standards* übereinzustimmen. Die in der Originalarbeit abgedruckte Tafel dieser Superkorrektionen weist Beträge von $-0{,}006°$ bis $+0{,}008°$ auf; sie zeigen aber für alle Thermometer einen ziemlich deutlichen Gang.

Die mittlere Differenz zwischen den Superkorrektionen, welche bei den verschiedenen Vergleichungen gefunden sind, beträgt 0,0025°, diejenige für die beiden Beobachter bei derselben Serie von Beobachtungen 0,001°. Die Tatsache, daß die zu verschiedenen Zeiten gefundenen Superkorrektionen beträchtlich mehr voneinander abweichen, als die aus den Beobachtungen beider Beobachter sich ergebenden Superkorrektionen, rührt ohne Zweifel zum Teil von geringen Veränderlichkeiten in den Eispunkten her, zum Teil aber auch von der Tatsache, daß ein Thermometer zu verschiedenen Zeiten eine etwas verschiedene Skale repräsentiert, da die etwa vorhandenen Nachwirkungen den Ausdehnungskoeffizienten des Glases beeinflussen. Größere Abweichungen, die die Grenze der Beobachtungsfehler über-

[1]) *Diese Zeitschr.* **6**, *S. 382. 1886.*

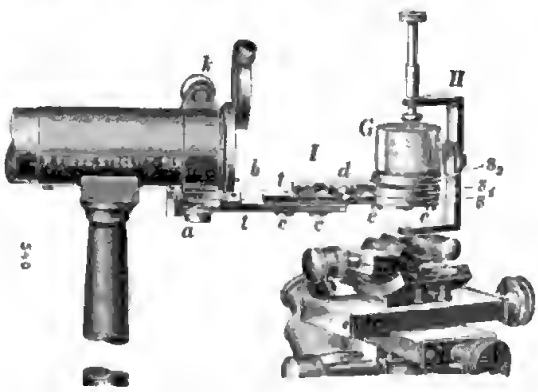
schreiten, sind sicherlich durch die schon erwähnten Unregelmäßigkeiten des Kapillardrucks des Quecksilbers in der Röhre zu erklären.

Schließlich wird noch die Beziehung der mittleren Skale der 16 verglichenen Normalthermometer zu der mittleren *verre dur*-Skale erörtert. Verschiedene der Thermometer waren unter Guillaumes Leitung im *Bureau international* mit den Normalen dieses Bureaus verglichen, sodaß eine Vergleichung der dabei ermittelten Superkorrektionen mit denjenigen, die sich bei der vorliegenden Untersuchung für dieselben Thermometer ergeben haben, eine Kontrolle über die Genauigkeit des Anschlusses der Normalskale des *Bureau of Standards* an die *verre dur*-Skale ermöglicht. Es ergab sich dabei eine mittlere Differenz zwischen den in den beiden unabhängigen Serien von Vergleichungen erhaltenen Superkorrektionen für das Intervall von 10° bis 60° von ungefähr + 0,0014°, in einzelnen Fällen betragen die Abweichungen bis 0,006°. *W.*

Gefäß-Totalreflektometer und Achsenwinkelapparat in Verbindung mit dem Babinetschen Goniometer.

Von V. Souza-Brandão. *Zeitschr. f. Kristallogr. u. Miner. 45. S. 327. 1908.*

Durch dieses neue Attribut kann jedes Reflexionsgoniometer in bequemer und praktischer Weise 1. als Totalreflektometer nach Kohlrausch, 2. als Goniometer zum Messen von Kristallwinkeln in Lösungen nach dem Vorgang von Miers und 3. zu Achsenwinkelmessungen benutzt werden. Für den zuerst genannten Zweck setzt sich die Vorrichtung (s. die Figur) aus zwei Teilen, dem Gefäßträger *I* und dem besonderen Kristallträger *II*, zusammen.



Der Gefäßträger wird mit der Ringklemme *k* auf das vordere Ende des Fernrohres geklemmt; *a* ist eine Schraube, um welche der ganze Trägerarm mit dem Gefäß *G* bei Seite geschlagen werden kann; mit der Schraube *b* wird der richtige Anschlag für die zentrale Stellung des Gefäßes *G* reguliert. Mit Rücksicht auf etwaige geringe Maßdifferenzen unter den einzelnen gelieferten Goniometern besteht der Trägerarm aus den zwei Teilen *t t*, die ineinander verschoben und durch die Schrauben *cc* geklemmt werden können; man hat so die Möglichkeit, das Gefäß genau zentrisch in die Goniometerachse zu bringen.

Um die plane Spiegelglasscheibe von *G* genau zur Sehlinie des Fernrohres zu justieren, (mit Hülfe des Gaußschen Okulares) besitzt das Gefäß die erforderlichen Justiereinrichtungen. Mit der Schraube *d* und deren Gegenfeder wird die Justierung in der Horizontalebene und mit den Schrauben *cc* in der Vertikalebene bewirkt.

Der Kristallträger wird in den Zentrierapparat geklemmt. *C. L.*

Bücherbesprechungen.

Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik, hrsg. v. W. v. Schlebach. In 4 Tln. m. vielen Textfig. u. 2 Anhängen. kl. 8°. Stuttgart, K. Wittwer. Geb. in Leinw. u. geh. 4 M.

31. Jahrg. 1908. 31, 112, 120; III, 200, 64, 10 u. 90 S. — 32. Jahrg. 1909. ebenso.

Jahrgänge dieses Taschenbuchs für Land- und Feldmesser und Kulturtechniker sind zuletzt in *dieser Zeitschr. 25. S. 391. 1905* angezeigt worden. Im ersten der vorliegenden Jahrgänge, von dessen Inhalt ich abermals im Sinn unserer Zeitschrift nur das auf geodätische

Instrumente und ihre Anwendung (Vermessungsmethoden) sich Beziehende besprochen kann, hat Prof. C. Müller (Poppelsdorf-Bonn) die Zahlentafeln und Formeln des II. Teils durchgesehen und verbessert, die von ihm herrührende „Instrumentenkunde" im III. Teil sowie seine übrigen Beiträge zum III. Teil, Flächenberechnung u. s. w., Absteckungsarbeiten, Trigonometrische und Barometrische Höhenbestimmung, ebenfalls durchgesehen und endlich im 1. Anhang wieder (zum drittenmal) eine willkommene kurze Zusammenstellung „Neues auf dem Gebiete des Vermessungswesens" gegeben: 1. Instrumente, 2. Methoden, 3. Neue Veröffentlichungen. Aus deren 1. Teil, Instrumente, sei im Hinblick auf mein in der *Deutsch. Mech.-Ztg. 1908. S. 217* abgedrucktes Referat zu Rosenmunds Beriebt über die Mailänder Ausstellung und meine Mitteilungen in *dieser Zeitschr. 26. S. 30 u. S. 128. 1906* angeführt, daß, nach Mitteilungen von Bellieni in Nancy an Prof. Müller, schon seit mehr als 20 Jahren an dem *„Modèle de l'École d'application"* genannten Nivellier die Korrektionsvorrichtung der Libelle in verschiebbar gemachter Skale statt wie sonst verschiebbar gemachter Fassung des Libellenglases besteht. Die Vorrichtung soll in Frankreich in den *„Services du Génie"* sogar beinahe ausschließlich im Gebrauch sein.

Im Abschnitt XII des III. Teils, dessen Überschrift im Inhaltsverzeichnis nicht umfassend genug ist, gibt jetzt Prof. Hegemann zur Meridianbestimmung außer der „Messung von Sonnenhöhen in der Nähe des I. Vertikals" (die Bezeichnung der Methode sollte abgeändert werden, da die Ablesung der z insofern nicht das *Wesentliche* ist, als sie durch die Angabe einer Uhr mit bekanntem Δu sofort ersetzt werden kann oder, falls sie gemacht werden soll, da eben der Uhrstand nicht bekannt ist, durch Behandlung für sich zur Δu-Bestimmung von der Ablesung des Horizontalkreises ganz getrennt werden kann; *S. 179* sind in den Ablesungen Lage I und Lage II mehrere Fehler) als zweite Methode die Bestimmung des Südpunkts des Horizontalkreises aus korrespondierenden Beobachtungen eines Sterns oder der Sonne (vgl. die eingangs angeführte Besprechung).

Wenig befriedigend scheint dem Ref. in Beziehung auf viele Angaben der vom Herausgeber bearbeitete Abschnitt „Höhenaufnahmen". Was hat es z. B. für einen Sinn, wenn bei den „tachymetrischen Aufnahmen" (Feldtachymetrie, und zwar topographischer Art), nachdem der Lattenabschnitt auf I *cm* abgelesen und demnach E (l des Verf.) bei der Konstanten 100 des entfernungsmessenden Fernrohrs auf I *m* angesetzt wird, in der Horizontaldistanz e (oder D des Verf.) nun die 0,t *m* beibehalten werden, wobei zudem die Richtungsangabe der Zielung mit Hülfe der Bussole soll geschehen können, sodaß Fehler von 0,2° und auch viel mehr schon wegen der Variation der Deklination stets zu befürchten sind, und also bei „genauem" e der gemessene Punkt leicht um $^1/_2$ *m* und mehr seitlich falsch wird, wenn die Zielung auch nur 150 *m* lang ist? Ganz abgesehen davon, daß man das vom Ref. eingeführte und vom Verf. empfohlene Verfahren der Ablesung des veränderten Höhenwinkels *nach* Einstellung des Mittelfadens auf eine Lattenmarke nicht sorglos bei beliebigen Höhenwinkeln und über beliebige Lattenstrecken (z. B. in zwei Beispielen des Verf. von 1,75 auf 4,00 und von 0,45 (?) auf 4,00!) gebrauchen darf. Wo sind ferner bei der Waldtachymetrie in Württemberg (Maßstab 1:2500) 2000 *m* lange Tachymeterbussolenzüge (über fast zwei Flurplanbreiten also) zweckmäßig? Der neue Abschnitt „Photogrammetrische Aufnahmen", auf den der Verf. besonders hinweist, kann zwar bei seiner Kürze nur einige Literaturangaben bieten, aber es hätte doch auf den *prinzipiellen* Unterschied zwischen der ältern Intersektions-Photogrammetrie und der neuern Parallaxen-Phototopographie hingewiesen werden sollen: für im engern Sinn topographische Zwecke kommt jene nur noch allenfalls dort in Betracht, wo das Instrumentarium für diese fehlt. Im letzten Abschnitt der Höhenaufnahmen (Genauigkeit) werden die bekannten Angaben von Prof. Koppe und von Generalmajor Frank (diese ohne Nennung des Maßstabs und des Zwecks der Aufnahmen) angeführt und sodann mitgeteilt, daß Genauigkeitsuntersuchungen der württembergischen Landesaufnahme 1:2500 noch nicht abgeschlossen seien; Ergebnisse dieser Untersuchungen scheinen aber erst ganz neuerdings verfügbar zu sein. Der Ref. darf wohl beifügen, daß er vor bald zwei Jahrzehnten sich nicht um die Fortführung der württembergischen Höhenaufnahme bemüht hat, ohne über

die wünschenswerte und erreichbare Genauigkeit der Aufnahmen Festsetzungen auf Grund von eigenen Erfahrungen und von eigenen Versuchen zu treffen. Denn wenn der Verf. schließt: „Von großem Wert wäre es, wenn man auch den Aufwand an Zeit und Geld feststellen könnte, der für die verschiedenen Aufnahmen erforderlich ist, denn dann würde es sich zeigen, ob der für genauere Aufnahmen aufgewendete Zeitaufwand auch im Verhältnis steht zu der erreichten größeren Genauigkeit", so ist zu betonen, daß man sich notwendig *beim Beginn* einer derartigen Arbeit über den gemäß ihrem Zweck und Ziel *rationell* „aufzuwendenden Aufwand" klar sein muß. Daß dies früher vielfach versäumt wurde und noch versäumt wird, und daß infolgedessen wenig Material zur Vergleichung zu Gebot steht, ist aber an sich vollständig zuzugeben.

Der zweite angezeigte Jahrgang ist, abgesehen vom bürgerlichen und astronomischen Kalendarium, ein Abdruck des vorigen. Nur der Anhang I „Neues auf dem Gebiete des Vermessungswesens", der hier zum viertenmal erscheint und die Zeit vom 1. Oktober 1907 bis dahin 1908 umfaßt, ist selbstverständlich neu. Er ist wieder von Prof. C. Müller bearbeitet und wird in aller Kürze seinem Zweck ganz gut gerecht. *Hammer.*

Neue Preisliste von A. Krüß in Hamburg.

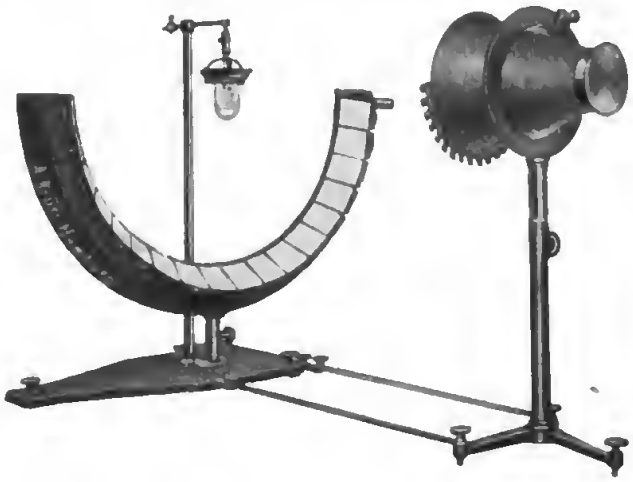
Preisliste über wissenschaftliche Instrumente. 8°. In 4 Abschnitten. 39, 31, 24, 8 S. m. Abbildgn. 1908.

Unter dem obigen Titel hat die Firma A. Krüß eine neue zusammenfassende Preisliste herausgegeben, die sich durch Reichhaltigkeit auszeichnet und mit vielen Illustrationen versehen ist. Ein großer Teil der Apparate ist den Lesern dieser Zeitschrift teils durch Originalabhandlungen, teils durch Besprechungen bekannt.

Der erste Abschnitt zerfällt in drei Teile. Im ersten Teil worden *Spektralapparate* behandelt, und zwar zunächst solche nach Kirchhoff und Bunsen. Hieran schließen sich Universalapparate nach Krüß zur Spektrophotometrie für qualitative und quantitative Analyse an, sodann Spektrographen, unter diesen solche mit Quarzdoppelprisma nach Cornu, ferner eine Reihe von Apparaten für physiologische Zwecke und hierauf Apparate nach Krüß mit automatischer Einstellung der Prismen. Der zweite Teil bringt verschiedene *Spektrometer* (nach Meyerstein, V. v. Lang, Krüß, Abbe), danach einfache und doppelte, unsymmetrische und symmetrische Mikrometerspalte, weiter Spektroskope verschiedenster Art mit gerader Durchsicht. Ferner finden wir eine große Anzahl von Spektrophotometern, unter denen die nach König, Lummer und Brodhun, Brace, Krüß, sowie Vierordt, das letzte in mehrfachen Ausführungen der Firma, zu nennen sind. Den Schluß bildet eine Zusammenstellung von Prismen und Hülfsapparaten, nämlich Spektrallampen, Spektralröhren, Quecksilberlampen und Glaskasten-Absorptionsgefäßen. Der dritte Teil gibt einen Überblick über verschiedene *Kolorimeter* (nach Wolff, Duboscq, Stammer, Krüß) und führt an letzter Stelle das Diaphanometer nach J. König vor.

Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit *Photometern*. Zunächst werden Photometerbänke nebst Zubehörteilen aufgezählt. Hierauf folgen Photometerköpfe, unter diesen zunächst der Apparat nach Bunsen mit seinen verschiedenen Modifikationen, danach die Photometerköpfe nach Joly, Lummer und Brodhun, Wild, Foucault (System Ritchie), Grosse und schließlich die beiden Flimmeranordnungen nach Krüß, denen eine kurze, treffende Erläuterung des Flimmerprinzips vorausgeschickt ist. Sodann wird ein Überblick über Vorrichtungen zur Photometrierung von Lichtquellen in verschiedenen Richtungen gegeben; von diesen mögen hier die Krüßschen Stative mit 1 bezw. 3 Spiegeln, die beiden Voegeschen Strahlungsmesser, das Ulbrichtsche Kugelphotometer und das integrierende Photometer nach Krüß (s. d. Figur) angeführt werden. Bei dem letzten sind auf einem Halbkreise oder Vollkreise eine Anzahl Spiegel von je 10 *qcm* Größe in gleichem Winkelabstande voneinander angeordnet. Die Spiegel werfen die Strahlen der im Mittelpunkte befindlichen Lichtquelle auf die gleiche Anzahl von Objektiven, welche in Verbindung mit entsprechend abgestuften Blenden den Photometerschirm in einer der Neigung der Strahlen entsprechenden Stärke be-

leuchten; wenn man nacheinander in den verschiedenen Richtungen mißt, kann man auch die Lichtverteilungskurve bestimmen. Weiter finden wir eine große Anzahl von Vorrichtungen zur Starklichtphotometrie vertreten, über welche erst kürzlich ausführlich referiert wurde. Ferner sind aufgenommen Apparate zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke und der Flächenhelle; unter diesen mögen das Webersche Photometer, der Krüßsche Apparat zur Messung der Flächenhelle, der Helligkeitsprüfer und der Beleuchtungsmesser nach Wingen, sowie das Photometer nach Classen hier genannt werden, welches selbst in von Tageslicht beleuchteten Räumen die Verteilung der Beleuchtung ohne Benutzung einer Zwischenlichtquelle zu bestimmen gestattet. Zum Schluß werden Lichteinheiten und Vergleichslichtquellen, darunter auch die englische und deutsche Kerze, gebracht; leider scheint nach diesen älteren Objekten also noch immer Nachfrage vorhanden zu sein, obgleich sie eigentlich nur noch ein historisches Interesse haben sollten.



Der dritte Abschnitt enthält *Projektionsapparate*. Unter diesen sind das Epidiaskop nach Krüß, der epidiaskopische Ansatz für Projektionsapparate, der Doppelprojektionsapparat, die Projektionslaterne mit kurzbrennweitigem Beleuchtungssystem und die Liliput-Projektionslaterne nach Grimsehl für den physikalischen Unterricht besonders erwähnenswert. Ferner werden eine größere Anzahl von Hülfsapparaten, wie z. B. Kalklichtbrenner, die Nernst-Projektionslampe nebst zugehörigen Widerständen, sowie Bogenlampen mit automatischer Regulierung und für Handregulierung, ferner Bogenlichtkohlen, Stative für Projektionsapparate und Projektionswände vorgeführt.

Im vierten und letzten Abschnitt werden nacheinander *Kathetometer*, *Ablesefernrohre*, *optische Signalapparate*, *Heliostaten* (darunter die nach Silbermann, Foucault, Meyerstein, Fuess), *Röntgenstereoskope* (nach Walter) und *Getreidewagen* aufgezählt.

Den drei ersten Abschnitten sind im Anhange die zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten von Dr. Hugo Krüß, dem Inhaber der Firma, und die aus neuerer Zeit stammenden Abhandlungen seines Sohnes Dr. Paul Krüß hinzugefügt. *E. Lb.*

Neu erschienene Bücher.

Vorlesungen, Mathematische, an der Universität Göttingen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

III. W. Voigt, Magneto- u. Elektrooptik. XIV, 396 S. m. 75 Fig. Geb. in Leinw. 14 M.

C. Oppenheimer, Grundriß der anorganischen Chemie. 5. Aufl. kl. 8°. VII, 165 S. Leipzig, G. Thieme 1908. Geh. 3,50 M.

A. Stupar, Lehrbuch der astronomischen Navigation. Im Auftrage des k. u. k. Reichskriegsministeriums, Marinesektion, verf. gr. 8°. XVI, 275 S. m. Fig., 2 Taf. u. 2 Diagr. Finme 1908. Wien, C. Geroids Sohn. Geh. in Leinw. 6 M.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher u. Ärzte. 79. Versamml. zu Dresden. 15.—21. IX. 1907. Hrsg. im Auftrage des Vorstandes u. der Geschäftsführer v. Alb. Wangerin. Lex. 8°. Leipzig, F. C. W. Vogel.

II. Tl. 1. Hälfte: Naturwissenschaftliche Abteilungen. XIV, 284 S. m. 5 Abbildgn. 1908. 6 M. — II. Tl. 2. Hälfte: Medizinische Abteilungen. XXII, 586 S. m. 13 Abbildgn. 1908. 12 M.

Telegraphen- u. Fernsprech-Technik in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. Geh. Postr. Ob.-Telegr.-Ingen. Th. Karras. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

III. H. Dreisbach, Die Telegraphen-Meßkunde. XI, 172 S. m. 116 Abbildgn. im Text u. 1 Fig.-Taf. 1908. 6 M.; geb. in Leinw. 7 M.

A. H. Gibson, *Hydraulics and its Application.* 8°. 774 S. m. Fig. London 1908. Geb. in Leinw. 18.50 M.

C. Huygens, *Oeuvres complètes, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Volume 11: Travaux mathématiques 1645—1651.* 4°. 368 S. m. Taf. u. Fig. La Haye 1908. 15 M.

Vols. 1—10: Correspondance 1638—1695. Mit Porträts u. Figuren. 1888—1905. 260 M.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

Bd. XXVIII, 1. R. v. Lilienthal, Vorlesungen üb. Differentialgeometrie. 1. Bd. Kurventheorie. VI, 368 S. m. 26 Fig. 1908. Geb. in Leinw. 12 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

Nr. 163. J. H. Jellet, Chemisch-optische Untersuchungen. Übers. v. L. Frenk. Hrsg. v. W. Nernst. 84 S. m. 6 Fig. im Text. 1908. Kart. 1,60 M. — Nr. 164. Newtons Abhandlung über die Quadratur der Kurven. 1704. Aus dem Lat. übers. u. hrsg. v. Prof. Dr. G. Kowalewski. 66 S. m. 8 Textfig. 1908. Kart. 1,50 M. — Nr. 165. Johs. Kepler, Neue Stereometrie der Fässer, besonders der in der Form am meisten geeigneten österreichischen, u. Gebrauch der kubischen Visierrute. Mit e. Ergänzg. z. Stereometrie des Archimedes. Linz 1615. Druck v. Johannes Plank. Aus dem Lat. übers. u. hrsg. v. R. Klug. 130 S. m. 29 Fig. im Text. 1908. Kart. 2,60 M. — Nr. 166. W. Feddersen, Entladung der Leidener Flasche, intermittierende, kontinuierliche, oszillatorische Entladung und dabei geltende Gesetze. Abhandlungen. 1857—1866. Hrsg. v. Th. Des Coudres. 130 S. m. e. Bildnis d. Verf. in Helingr. u. 3 lith. Taf. 1908. Kart. 2,40 M.

P. G. Showell, *Definitions in Navigation and Nautical Astronomy.* 8°. 116 S. m. Fig. London 1908. Geb. in Leinw. 2,70 M.

A. A. Michelson, *Light Waves and their Uses.* 2. Aufl. 8°. 166 S. m. Fig. Chicago 1908. Geb. in Leinw. 7,80 M.

Wissenschaft u. Hypothese. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

VI. M. Planck, Das Prinzip der Erhaltung der Energie. Von der philosoph. Fakultät Göttingen preisgekrönt. 2. Aufl. XVI, 278 S. 1908. Geb. in Leinwand 6 M.

L. Joubert, *Abrégé théorique et pratique de la compensation des Compas.* 12°. 136 S. m. 2 Taf. u. 26 Fig. Nancy 1908. 2 M.

J. Laudauer, *Spectrum Analysis.* 2. Ausg. 8°. Mit Fig. New York 1908. Geb. in Leinw. 15 M.

Aspirations-Psychrometer-Tafeln. Hrsg. vom königl. preuß. meteorolog. Institut 33,5 × 25,5 *cm*. XIV, 87 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1908. 6 M.

C. Metz, Fünfstellige Logarithmen der Zahlen 1—10800 u. der trigonometrischen Funktionen. Für den prakt. Gebrauch eingerichtet. Ausg. A mit vollständ. Rand-Index. Lex. 8°. VIII, 85 S. Berlin, Polytechn. Buchhandl. A. Seydel 1908. Geb. in Leinw. 4 M. — Ausgabe B ohne Rand-Index 3 M.

Sir W. Ramsay, Moderne Chemie. I Tl.: Theoretische Chemie. Deutsch v. Chem. Dr. M. Huth. 2. Aufl. 8°. V, 158 S. m. 9 Abbildgn. Halle, W. Knapp 1908. 2 M.; geb. in Leinw. 2,50 M.

Notiz.

Bezüglich meiner in *dieser Zeitschr. 28. S. 340. 1908* erschienenen Mitteilung über einen einfachen Quarzspektrographen von R. Fuess möchte ich mir noch die Bemerkung gestatten, daß, soviel mir bekannt ist, die Neuartigkeit desselben in seiner überaus einfachen konstruktiven Durchbildung besteht. Apparate von ähnlichen Dimensionen und ähnlicher Lichtstärke sind auch schon früher von anderen Firmen (z. B. A. Hilger in London und A. Krüß in Hamburg) ausgeführt worden.

Otto Reichenheim.

Nachdruck verboten.

Namen- und Sach-Register.

Abakus s. Rechenapparate.
Aërodromometer, Geschwindigkeitsmesser f. strömende Luft, Zwaardemaker 17.
Akustik: Absolute Messgn. d. Schallintensität; Rayleighsche Scheibe, Zernow 304.
Aktinometrie: Bimetallisches Blatt-Aktinometer, Michelson 192.
Allen, J. S., Nullinstr. f. Ionisationsmessgn. 255.
Amsler, A., Planimeter u. seine Erfindg. 79.
Anemographen s. Meteorologie.
Aneroide s. Meteorologie.
Astronomie: Heliomikrometer, Hale 20. — Abakus der Höhe u. des Azimuts d. Polarsterns (für Canada), Deville 21. — Zweite Studie üb. d. Zirkumzenitalapp., Nnăl, Frič 78. — Notiz dazu 164. — Hängender Kollimator z. Bestimmung d. Zenitpunktes, Schwarzschild 121. — Preisliste üb. Libellen u. Libellenprüfer, Pessler & Sohn 199. — Turmteleskop d. Mount Wilson-Observatoriums, Hale 245. — Ortsbestimmg. im Ballon, de la Baume Pluvinel 247. — Geschichte d. astronom. Meßwerkzeuge v. Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830, Repsold 285. — Mills-Expedition d. Lick-Sternwarte nach d. südlichen Halbkugel, Campbell, Wright 342. — Bewegg. v. Niveanblasen, Bonsdorff 344.
Ausdehnungspyrometer s. Wärme.
Ayrton, W. E., T. Mather u. F. E. Smith, Stromwage u. Bestimmg. d. elektromotor. Kraft d. Normal-Weston-Kadmiumelements 278.

Barometer s. Meteorologie.
Basismessungen s. Geodäsie.
de la Baume Pluvinel, A., Ortsbestimmg. im Ballon 247.
Baur, E., Kurzer Abriß d. Spektroskopie u. Kolorimetrie 198.
Beasley, C. H. u. F. G., Registrier-Gaskalorimeter 25.
Benoist, L., Blattelektrometer 30.
Benoît, R., Bestimmgn. d. Volumens e. Kilogramm Wasser 49.
Benoit, R., Ch. Fabry u. A. Perot, Auswertg. d. Meters in Lichtwellenlängen 307.
Bergmännische Apparate: Markscheiderische u. geodät. Instrumente nach Cséti, Doležal 189. — Preislisten u. Druckschriften, Hildebrand 287.
Bidlingmaier, F., Doppelkompaß (Sammelreferat) 211.
Bolometer s. Wärme.
Bombe, A., Dekaden-Widerstandskasten m. vier Spulen in d. Dekade 301.
Bonsdorff, J., Bewegg. v. Niveanblasen 344.
Breithaupt, F. W., & Sohn, Preisverzeichnis d. geodät. Instr. (Abt. B) 351.
Bronson, H. L., Radioaktive Messgn. nach d. Meth. d. konstanten Ausschläge 255.
Buisson, H., u. Ch. Fabry, Eisenlinien als Vergleichsspektrum bei relativen spektroskop. Messgn. 349.

Campbell, A., Gebrauch e. veränderbaren gegenseitigen Induktion 222.
Campbell, W. W., Mills-Expedition d. Lick-Sternwarte nach d. südl. Halbkugel (Organisation u. Geschichte) 342.
Chamberlain, C. W., Meth. z. Bestimmg. d. Fehler v. Mikrometerschrauben, Keil 243.
Chappuis, P., Bestimmg. d. Volumens e. Kilogramm Wasser 49. — Ausdehng. d. Wassers 374.
Chrystal, G., u. J. Murray, Chrystals selbstregistrier. Limnimeter 50.
Chwolson, O. D., Lehrb. d. Physik 125.
Clay, J., s. Kamerlingh Onnes.
Crandall, Ch. L., *Text-Book on Geodesy and Least Squares* 350.
Crémieu, V., Aperiod. Wage m. Eigendämpfg. 24.
Crommelin, C. A., s. Kamerlingh Onnes.
Cséti, Markscheiderische Instrumente, Doležal 189.

Demonstrationsapparate: Einf. Interferenzspektroskop, Gehrcke 28.
Deville, E., Abakus der Höhe u. des Azimuts d. Polarsterns (für Canada) 21.
Dickinson, H. C., s. Waidner.
Diesselhorst, H., Thermokraftfreier Kompensationsapp. m. fünf Dekaden und konstantem kleinen Widerstand 1. — Kompensationswiderstand f. d. Kadmium-Normalelement 38.
Doležal, E., Markscheiderische u. geodät. Instr. nach Cséti 189.
Doppelkompaß s. Kompasse.
Dorsey, N. E., s. Rosa.
Dow, J. S., Kosinus-Flimmerphotometer 160.
Druck: Entwurf e. Maschine f. sehr hohe Drucke, Petavel 121. — Scheinbare Abweichgn. vom Mariotteschen Gesetz u. deren Einfluß auf d. Messg. kleiner Drucke, Scheel, Heuse 346.
Drysdale, V., Messgn. m. d. Eisenprüfer 284.

Edelmann, M. Th., & Sohn, Preisliste 87.
Eder, J. M., Jahrb. f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. Jahr 1907 351.
Eggert, O., Genauigkeit d. Nonienablesg. 117.
Eichhorn, M. J., Trigonometr. Rechenschieber 346.
Eisenprüfer s. Magnetismus.
Elastizität: Interferenzapp. z. Messg. d. Querkontraktion e. Stabes bei Belastg., Grüneisen 89.
Elektrizität: I. Theoretische Untersuchungen u. Meßmethoden: Messg. induktiver Widerstände m. hochfrequenten Wechselströmen; Meth. z. Messg. kleiner Selbstinduktionskoeffizienten, Giebe 196. —

Nullinstrum. f. Ionisationsmessgn., Allen 255. — Radioaktive Messgn. nach d. Meth. d. konstanten Ausschläge, Bronson 255. — Bestimmg. des Verhältnisses d. elektromagnet. Einheit der Elektrizitätsmenge zur elektrostatischen, Rosa, Dorsey 309. — II. Vorrichtungen zur Erzeugung v. Elektrizität. — III. Meßinstrumente: Thermokraftfreier Kompensationsapp. m. fünf Dekaden u. konstantem kleinen Widerstand, Diesselhorst 1. — Blattelektrometer, Benoist 30. — Meth., vorübergehende Erscheingn. durch d. Oszillographen aufzunehmen, Morris 30. — Kompensationswiderstand für d. Kadmium-Normalelement, Diesselhorst 38. — Hitzdraht-Wattmeter u. Hitzdraht-Oszillographen, Irwin 54. — Störung an hochempfindl. Quadrantelektrometern, Schultze 61. — Preisverzeichnis, Edelmann & Sohn 87. — Preisliste über *Electrical measuring instruments*, Leeds & Northrup Co. 126. — Preisliste üb. Meßinstr. für Laboratorium u. Montage, Siemens & Halske 163. — Empfindl. Drehspulengalvanometer v. kleinem Widerstand d. Firma Siemens & Halske, Jaeger 206. — Gebrauch e. veränderbaren gegenseit. Induktion, Campbell 222. — Einfluß d. Luftfeuchtigkeit auf elektr. Widerstände, Lindeck 229. — Stromwage u. Bestimmg. der elektromotor. Kraft d. Normal-Weston-Kadmiumelements, Ayrton, Mather, Smith 278. — Dekaden-Widerstandskasten m. vier Spulen in d. Dekade, Bombe 301. — Verteilte Kapazität in Widerständen, Taylor, Williams 313. — Untersuchgn. üb. d. Silbervoltameter, Jaegar, v. Steinwehr 327, 353. — IV. Beobachtungsapparate. — V. Allgemeines.

Elektrometer s. Elektrizität.

Entfernungsmesser: Entfernungsmesser, Reeves 302.

Erfle, H., Zur Hartmannschen Meth. d. Zonenprüfg. 289.

Fabry, Ch., s. Benoit u. Buisson.

Felgentraeger, W., Meth. z. Bestimmg. d. period. Fehler v. Mikrometerschrauben 80.

Fernrohre: Zur Theorie d. Prismenfernrohr-Objektive, Harting 165. — Turmteleskop d. Mount Wilson-Observatoriums, Hale 245.

Féry, Ch., Ausdehnungspyrometer 159. — Kalorimeter zur Bestimmg. des Heizwertes von Gasen und Flüssigkeiten 216.

Feuchtigkeit s. Meteorologie.

Flimmerphotometer s. Photometrie.

Flüssigkeiten: Kalorimeter zur Bestimmg. d. Heizwertes v. Gasen u. Flüssigkeiten, Féry 216.

Freudenberger, L. A., Sextanten-Form 210.

Frič, J. J., s. Nušl.

Fueß, R., Preisverzeichnis üb. Spektrometer, Spektralapp., Spektrographen, Refraktometer u. Hülfsapp. 259. — Gefäß-Totalreflektometer u. Achsenwinkelapp. in Verbindung mit d. Babinetschen Goniometer, Souza-Brandão 380.

Fuhrmann, F., Fahrbarer Staffelapparat 373.

Gaede, W., Verbessergn. an d. rotier. Quecksilber-Luftpumpe 81. — Rotierende Kapselpumpe 271.

Gallenkamp, W., Sprungsche Vereinfachg. meines Regen-Auffangapp. u. neuer Regenautograph 33.

Galvanometer s. Elektrizität.

Gase: Kalorimeter z. Bestimmg. d. Heizwertes von Gasen u. Flüssigk., Féry 216.

Gasser, M., Basismessg. m. Invardraht, Mikroskop u. Lupe; Entwicklg. d. Basisapp. u. Basismessungsmethoden 268.

Gehrcke, E., Einf. Interferenzspektroskop 28.

Geodäsie: I. Basismessungen: Basismessg. m. Invardraht, Mikroskop u. Lupe; Entwicklg. d. Basisapp. u. Basismessungsmeth., Gasser 268. — II. Astronomisch-geodätische Instrumente s. Astronomie. — III. Apparate zum Winkelabstecken. — IV. Winkelmeßinstrumente u. Apparate f. Topographie: Stand-Phototheodolite u. deren Gebrauch an Bord e. Schiffes, Pulfrich 72. — Theodolitunterbau m. kardanischer Einhängg., Haarpfer 158. — Ausmessg. stereopbotogrammetr. Küstenaufnahmen vom Schiff aus, Pulfrich 317. — Stereophotogrammetr. Landesvermessg., Thompson 371. — Autostereograph, v. Orel 371. — V. Höhenmeßinstrumente u. ihre Hülfsapparate: Neuergn. am Feinnivellier-App., Hammer 13. — Fahrbarer Staffelapp., Fuhrmann 373. — VI. Tachymetrie. — VII. Allgemeines: Abakus der Höhe u. des Azimuts d. Polarsterns (für Canada), Deville 21. — Ausgleichungsrechng. nach d. Methode d. kleinsten Quadrate, Helmert 59. — Genauigkeit d. Nonienablesg., Eggert 117. — Zwicky-Reißsche Libelle m. Schenrers Skalenhalter 159. — Handb. d. Vermessungskunde, Jordan 162. — Markscheiderische u. geodät. Instr. nach Cséti, Doležal 189. — Preisliste üb. Libellen u. Libellenprüfer, Pessler & Sohn 199. — Handb. f. Küstenvermessgn. 224. — Grundzüge d. niederen Geodäsie, Tapla 258. — Preislisten üb. geodät. Instr., Hildebrand 287. — Bewegg. v. Niveaublasen, Bonsdorff 344. — *Text-Book on Geodesy and Least Squares*, Crandall 350. — Preisliste üb. geodät. Instr., Breithaupt & Sohn 351. — Handb. f. Küstenvermessgn. 244. — Kalender f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik, v. Schlebach 380.

Geschichte: Zur Geschichte d. astronom. Meßwerkzeuge v. Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830, Repsold 285.

Geschwindigkeitsmesser: Geschwindigkeitsmesser f. strömende Luft (Aërodromometer), Zwaardemaker 17. — Preisliste üb. moderne Instr. z. Wassermessg. in Bach, Fluß u. Strom, Ott 85.

Giebe, E., Messg. induktiver Widerstände m. hochfrequenten Wechselströmen; Methode z. Messg. kleiner Selbstinduktionskoeffizienten 196.

Giesing, E., Untersuchungen ebener Reflexionsbeugungsgitter mit Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit zur absoluten Messg. v. Lichtwellenlängen 217. — Erwiderg. auf d. Referat üb. d. Arbeit v. E. Giesing, Paschen 275. — Erwiderg. auf vorstehende Bemerkgn., Schönrock 276.

Gittar s. Spektralanalyse.

Glas: Lineare Ausdehng. d. Skalengläser bei höheren Temperaturen, Wiebe, Moeller 137. — Thermometr. Eigenschaften d. alkalifreien Glases 477^{III}, Wiebe 293.

de Gramont, A., App. z. Erzeugg. d. Funkenspektra v. Lösgn. 83.

Grüneisen, E., Interferenzapp. z. Messg. d. Querkontraktion eines Stabes bei Belastg. 89.

Guillaume, Ch. Ed., Verändergn. d. Nickelstahls 303.

Hagenbach, A., Universalapektrograph, konstruiert v. O. Toepfer & Sohn in Potsdam 368.

Hale, G. E., Heliomikrometer 20. — Turmteleskop d. Mount Wilson-Observatoriums 245.

Hammer, E., Neuergn. am Feinnivellier-App. 13. — Logarithm. Rechenschieber u. sein Gebrauch 258.

Hamy, M., Mechanismus z. genauen Erhaltung d. Minimums der Ablenkg. bei e. Prismenzug 122.

Haerpfer, A., Theodolitunterbau mit kardanischer Einhängg. 158.

Harting, H., Theorie d. Prismenfernrohr-Objektive 165. — Verwendg. v. Heliumlicht z. Messg. opt. Konstanten 273.

Haupt, E., Störungsfreies Magnetometer f. Eisenuntersuchg. 123.

Hecker, O., Bestimmg. d. Mitschwingens bei Pendelapp. m. d. Niveau 70. — App. z. Registriorg. d. Schlinger- u. Stampfbeweggn. v. Schiffen 265.

Helmert, F. R., Ausgleichungsrechnung nach d. Meth. d. kleinsten Quadrate 59.

Hensoldt & Söhne. Preisliste für Hensoldt-Optik zu Instrumenten f. Astronomie u. Physik 315.
Hense, W., s. Scheel.
Heydweiller, A., Doppelkompaß (Sammelreferat) 211.
Hildebrand, J., Königsches Spektralphotometer in neuer Anordng. u. seine Verwendg. z. Bestimmg. chem. Gleichgewichte 254.
Hildebrand, M., Preislisten u. Druckschriften 287.
Hitzdrahtinstrumente s. Elektrizität.
Honstonu, R. A., Spektrophotometer nach Art d. Hüfnerschen 272.
Hypsometer s. Meteorologie.

Interferenz s. Optik.
Invardrähte s. Geodäsie.
Irwin, J. T., Hitzdraht-Wattmeter u. Hitzdraht-Oszillographen 54.

Jaeger, W., Empfindl. Drehspulengalvanometer v. kleinem Widerstand d. Firma Siemens & Halske 206.
Jaeger, W., u. H. v. Steinwehr, Untersuchgn. üb. d. Silbervoltameter 327, 353.
Johansen, E., s. Warburg.
Jordan, W., Handb. d. Vermessungskunde 162.

Kadmiumelemente s. Elektrizität.
Kalorimater s. Wärme.
Kammerling Onnes, H., u. J. Clay, Messg. sehr tiefer Temperaturen 82.
Kamerlingh Onnes, H., u. C. A. Crommelin, Messg. sehr tiefer Temperaturen 27.
Keil, E., Meth. z. Bestimmg. d. Fehler v. Mikrometerschrauben 243.
Kern, Linear-Planimeter Weber-Kern, Schnyder 247.
Kohlrausch, F., Kleiner Leitfaden d. prakt. Physik 199.
Kohlrausch, F. L., Einführg. in d. Differential- u. Integralrechng. nebst Differentialgleichgn. 83.
Kompasse: Doppelkompaß (Sammelreferat), Bidlingmaier, Heydweiller, Lauffer, Maurer 211.
Kompensationsapparate s. Elektrizität.
Kowalewski, G., Einführg. in d. Infinitesimalrechng., mit e. histor. Übersicht 351.
Kozák, J., Grundprobleme d. Ausgleichungsrechng. nach d. Meth. d. kleinsten Quadrate 315.
Kristallographie: Justierg. e. Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers, Wright 201. — Gefäß-Totalreflektometer u. Achsenwinkelapp. in Verbindg. mit d. Babinetschen Goniometer, Souza-Brandão 380.
Krüß, A., Preisliste üh. wissenschaftl. Instr. 382.
Krüß, H. u. P., Verbessergn. der Vierordtschen Doppelspaltmeth. 296.
Kurven: Preisliste üb. erdmagnet. Variations-Instr., Registrier-App. u. Hülfs-Instr., Toepfer & Sohn 225.
Küstenaufnahmen s. Nautik.

Landoldt, H., Untersuchgn. üh. d. fraglichen Ändergn. d. Gesamtgewichtes chem. sich umsetzender Körper 249.
Lauffer, Fr., Doppelkompaß (Sammelreferat) 211.
Leeds & Northrup Co., Preisliste über elektrische Meßinstr. 126.
Leithäuser, G., s. Warburg.
Leybolds Nachf., E., Rotierende Kapselpumpe nach Gaede 271.
Libellen s. Geodäsie.
Liebenthal, E., Praktische Photometrie 56.
Limnimeter s. Wasserstandsanzeiger.
Lindeck, St., Einfluß d. Luftfeuchtigkeit auf elektr. Widerstände 229.
Lippmann, G., Hängender Kollimator z. Bestimmg. d. Zenitpunktes (Notiz dazu) 121.
Literatur (Preislisten s. diese; siehe ferner neu erschienene Bücher: 32, 60, 88, 127, 164, 200, 227, 260, 288, 316, 383): Prakt. Photometrie, Liebenthal 56. — Ausgleichungsrechng. nach der Meth. d. kleinsten Quadrate, Helmert 59. — Einführg. in d. Differential- u. Integralrechng. nebst Differentialgleichgn., Kohlrausch 83. — Lehrbuch d. Physik, Chwolson 125. — Handb. d. Vermessungskunde, Jordan 162. — Kurzer Abriß d. Spektroskopie u. Kolorimetrie, Baur 198. — Handb. f. Küstenvermessgn. 224. — Binokulare Instrumente, v. Rohr 256. — Grundzüge d. nied. Geodäsie, Tapla 258. — Logarithm. Rechenschieber u. sein Gebrauch, Hammer 258. — Geschichte d. astronom. Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830, Repsold 285. — Grundprobleme d. Ausgleichungsrechng. nach d. Meth. d. kleinsten Quadrate, Kozák 315. — *Text-Book on Geodesy and Least Squares.* Crandall 350. — Einführg. in d. Infinitesimalrechng., mit e. histor. Übersicht, Kowalewski 351. — Jahrb. f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. Jahr 1907, Eder 351. — Kalender f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik, v. Schlebach 380.
Löwe, F., Gitter-Spektroskop m. einer nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube 261.
Luftpumpen: Verbessergn. an d. rotier. Quecksilber-Luftpumpe, Gaede 81. — Anordng. z. Verhinderg. d. Rückstoßes in Quecksilber-Luftpumpen, De Lury 116. — Rotier. Kapselpumpe, Gaede 271.
Lummer, O., u. R. Kynast, Spektralapp. f. Polarisations- u. Phasendifferenzmessgn. 194.
De Lury, R. E., Anordng. zur Verhinderg. d. Rückstoßes in Quecksilber-Luftpumpen 116.

Magnetismus u. Erdmagnetismus: Sehr starker Elektromagnet, Weiß 31. — Notiz dazu 88. — Störungsfreies Magnetometer f. Eisenuntersuchg., Haupt 123. — Doppelkompaß (Sammelreferat), Bidlingmaier, Heydweiller, Lauffer, Maurer 211. — Preisliste üh. erdmagnet. Variations-Instr., Registrier-App. u. Hülfsinstr., Toepfer & Sohn 225. — Messg. m. d. Eisenprüfer, Drysdale 284.
Markscheiderische s. bergmännische Apparate.
Maßstäbe u. Maßvergleichungen: Vergleich zw. mehreren Gleichgn. e. Maßstabes, Schumann 48. — Veränderga. d. Nickelstahls, Guillaume 303. — Auswertg. d. Meters in Lichtwellenlängen, Benoit, Fabry, Perot 307.
Mather, T., s. Ayrton.
Maurer, H., Doppelkompaß (Sammelreferat) 211.
Metalle u. Metall-Legierungen: Interferenzapp. z. Messg. d. Querkontraktion e. Stabes bei Belastg., Grüneisen 89. — Veränderga. d. Nickelstahls, Guillaume 303.
Meteorologie (Thermometer s. Thermometrie): I. Barometer, Aneroide: Genauigkeitsversuche m. e. Bohneschen Aneroid, Schreiber 22. — Studien üh. d. Hypsometer, Mohn 250. — II. Anemometer (Windmesser): Druckanemograph v. Rohrdanz, Rykatschew 41. — III. Hygromater (Feuchtigkeitsmesser): Einfluß d. Luftfeuchtigkeit auf elektr. Wiederstände, Lindeck 229. — IV. Regenmesser: Sprungsche Vereinfachg. meines Regen-Auffangapp. u. neuer Regenantograph, Gallenkamp 38. — V. Allgemeines: Ortsbestimmg. im Ballon, de la Baume Pluvinel 247.
Michelson, W. A., Bimetallisches Blatt-Aktinometer 192.
Mignot, J., Prisma z. Markierg. e. Hülfsziels 196.
Mikrometerschrauben s. Schrauben.
Mohn, H., Studien üb. d. Hypsometer 250.
Moeller, G., s. Wiebe.
Morris, J. T., Meth., vorübergehende Erscheingn. durch d. Oszillographen aufzunehmen 30.
Murray, J., s. Chrystal.

Nautik: Stand-Phototheodolite u. deren Gebrauch an Bord e. Schiffes, Pulfrich 72. — Sextanten-Form, Freudenberger 210. — Doppelkompaß (Sammelreferat), Bidlingmaier, Heydweiller, Lauffer, Maurer 211. — Handb. f. Küstenvermessgn.

224. — App. z. Registrierg. d. Schlinger- und Stampfbeweggn. v. Schiffen, Hecker 265. — Ausmessg. stereophotogrammetr. Küstenaufnahmen vom Schiff aus, Pulfrich 317.
Niveaus s. Astronomie u. Geodäsie.
Nivellierinstrumente s. Geodäsie.
Nonien s. Teilungen.
Nnål, Fr., u. J. J. Fric, Zweite Studie üb. d. Zirkumzenitalapp. 78. — Notiz dazu 164.
Nußeld, W., Wärmeleitfähigkeit v. Wärmeisolierstoffen 190.

Objektive s. Optik u. Fernrohre.
Optik: I. Theoretische Untersuchungen u. Meßmethoden: Studien zur Sensitometrie I. Die Tageslicht-Sensitometrie photograph. Platten u. Vorschlag eines einheitl. Dispersions-Systems, Wallace 53. — App. zur Erzeugg. d. Funkenspektra v. Lösungen, de Gramont 83. — Theorie d. Prismenfernrohr-Objektive, Harting 165. — Untersuchgn. ebener Reflexionsbeugungsgitter m. Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit z. absolut. Messg. v. Lichtwellenlängen, Giesing 217. — Erwiderg. auf d. vorstehend. Referat, Pasehen 275. — Erwidrg. auf vorstehend. Bemerkgn., Schönrock 276. — Zur Hartmannschen Meth. d. Zonenprüfg., Erfle 289. — Auswertg. d. Meters in Lichtwellenlängen, Benoit, Fabry, Perot 307. — Eisenlinien als Vergleichsspektrum bei relativen spektroskop. Messgn., Buisson, Fabry 349. — Verwendg. v. Heliumlicht z. Messg. opt. Konstanten, Harting 273. — II. Apparate: Einf. Interferenzspektroskop, Gehrcke 28. — Prakt. Photometrie, Liebenthal 56. — Interferenzapp. z. Messg. der Querkontraktion e. Stabes bei Belastg., Grüneisen 86. — Verfahren d. Körpermessg., Pulfrich 117. — Mechanismus zur genauen Erhaltg. d. Minimums der Ablenkg. bei e. Prismenzug, Hamy 122. — Beschreibg. von zwei Raumwinkelmessern, Weber 129. — Eine Form d. Kosinus-Flimmerphotometers, Dow 160. — Vierfacher Spektralspalt, Rinck 169. — Spektralapp. f. Polarisations- u. Phasendifferenzmessgn., Lummer, Kynast 194. — Universalphotometer v. Trotter 195. — Prisma zur Markierg. e. Hülfsziels, Mignot 196. — Justierg. d. Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers, Wright 201. — Photometer, Panlus 221. — Verf. z. Aufnahme der Verteilungskurve u. des Gleichförmigkeitsgrades künstl. Lichtquellen, Voege 252. — Königsches Spektralphotometer in neuer Anordnung u. seine Verwendg. zur Bestimmg. chem. Gleichgewichte, Hildebrand 254. — Binokulare Instr., v. Rohr 256. — Gitter-Spektroskop m. einer nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube, Löwe 261. — Spektrophotometer nach Art d. Hüfnerschen, Houstoun 272. — Verbessergn. d. Vierordtschen Doppelspaltmeth., Krüß 296. — Preisliste f. Hensoldt-Optik, Hensoldt & Söhne 315. — Einf. Quarzspektrograph, Reichenheim 340. — Notiz dazu 384. — Universalspektrograph, konstruiert v. O. Toepfer & Sohn in Potsdam, Hagenbach 368. — Gefäß-Totalreflektometer u. Achsenwinkelapp. in Verbindg. mit d. Babinetschen Goniometer, Sonza-Brandão 380. — Preisliste üb. wissenschaftl. Instr., Krüß 382.
v. Orel, E., Autostereograph 371.
Oszillographen s. Elektrizität.
Ott, A., Preisliste üb. moderne Instr. z. Wassermessg. in Bach, Fluß u. Strom 85.

Paschen, F., Erwiderg. auf d. Referat üb. d. Arbeit v. E. Giesing: „Untersuchgn. ebener Reflexionsbeugungsgitter u. s. w.“ 275. — Erwiderg. auf vorstehende Bemerkgn., Schönrock 276.
Paulus, C., Photometer 221.
Pendel u. Pendelmessungen: Bestimmg. des Mitschwingens bei Pendelapp. m. d. Niveau, Hecker 70.
Perot, A., s. Benoît.
Pessler, A., & Sohn, Preisliste üb. Libellen u. Libellenprüfer 199.
Petavel, J. E., Entwurf einer Maschine f. sehr hohe Drucke 121.
Photogrammetrie s. Geodäsie.
Photographie: Studien zur Sensitometrie I. Die Tageslicht-Sensitometrie photograph. Platten u. Vorschlag eines einheitl. Dispersions-Systems, Wallace 53. — Stand-Phototheodolite u. deren Gebrauch an Bord e. Schiffes, Pulfrich 72. — Verfahren d. Körpermessg., Pulfrich 117. — Ausmessg. stereophotogrammetr. Küstenaufnahmen v. Schiff aus, Pulfrich 317. — Einf. Quarzspektrograph, Reichenheim 340. — Notiz dazu 384. — Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. Jahr 1907, Eder 351. — Universalspektrograph, konstruiert v. O. Toepfer & Sohn in Potsdam, Hagenbach 368. — Stereophotogrammetr. Landesvermessg., Thompson 371. — Autostereograph, v. Orel 371.
Photometrie: Prakt. Photometrie, Liebenthal 56. — Beschreibg. von zwei Raumwinkelmessern, Weber 129. — Eine Form d. Kosinus-Flimmerphotometers, Dow 160. — Universalphotometer v. Trotter 195. — Photometer, Panlus 221. — Verf. z. Aufnahme der Lichtverteilungskurve u. des Gleichförmigkeitsgrades künstl. Lichtquellen, Voege 252. — Königsches Spektralphotometer in neuer Anordnung u. seine Verwendg. z. Bestimmg. chem. Gleichgewichte, Hildebrand 254. — Spektrophotometer nach Art d. Hüfnerschen, Houstoun 272. — Verbessergn. d. Vierordtschen Doppelspaltmethode, Krüß 296.
Physiologische Apparate: Geschwindigkeitsmesser f. strömende Luft (Aërodromometer), Zwaardemaker 17.
Planimetrie: Planimeter u. seine Erfindg., Amsler 79. — Linear-Planimeter Weber-Kern, Schnyder 247. — Planimeter System Pregél, Richter & Co. 373.
Polarimetrie: Spektralapp. f. Polarisations- u. Phasendifferenzmessgn., Lummer, Kynast 194.
Pregél, Th., Planimeter 373.
Preislisten: Siemens & Halske 32, 163. — Ott 85. — Edelmann & Sohn 87. — Leeds & Northrup Co. 126. — Pessler & Sohn 199. — Toepfer & Sohn 225. — Fueß 259. — Hildebrand 287. — Hensoldt & Söhne 315. — Breithaupt & Sohn 351. — Krüß 382.
Prismen: Mechanismus z. genauen Erhaltg. d. Minimums der Ablenkg. bei e. Prismenzug, Hamy 122. — Zur Theorie d. Prismenfernrohr-Objektive, Harting 165. — Prisma z. Markierg. e. Hülfsziels, Mignot 196.
Prismenfernrohre s. Fernrohre.
Pulfrich, C., Stand-Phototheodolite u. deren Gebrauch an Bord e. Schiffes 72. — Verfahren der Körpermessg. 117. — Ausmessg. stereophotogrammetr. Küstenaufnahmen vom Schiff aus 317.
Pumpen s. Luftpumpen.

Quadrantenelektrometer s. Elektrizität.
Quarzspektrographen s. Spektralanalyse.
Quecksilberluftpumpen s. Luftpumpen.

Radioaktivität s. Elektrizität.
Raumwinkelmesser s. Optik u. Photometrie.
Rechenapparate u. Rechenhülfsmittel: Abakus d. Höhe und d. Azimuts des Polarsterns (f. Canada), Doville 21. — Ausgleichungsrechng. nach d. Meth. d. kleinsten Quadrate, Helmert 59. — Einführg. in d. Differential- u. Integralrechng. nebst Differentialgleichgn., Kohlrausch 83. — Logarithm. Rechenschieber u. sein Gebrauch, Hammer 258. — Grundprobleme d. Ausgleichungsrechng. nach d. Meth. d. kleinsten Quadrate, Kozák 315. — Trigonometr. Rechenschieber, Eichhorn 346.

Digitized by Google

— Einführg. in d. Infinitesimalrechng., m. e. histor. Übersicht, Kowalewski 351.
Rechenschieber s. Rechenapparate.
Reevee, E. A., Entfernungsmesser 302.
Reflexionsinstrumente: Sextanten-Form, Freudenberger 210. — Ortsbestimmg. im Ballon, de la Baumo Pluvinel 247.
Refraktometer: Justierg. d. Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers, Wright 201. — Preisliste üb. Spektrometer, Spektralapp., Spektrographen, Refraktometer u. Hülfsapp., Fueß 259.
Regenmesser s. Meteorologie.
Registrierapparate: Beasleys Registrier-Gaskalorimeter 25. — Meth., vorübergehende Erscheingn. durch den Oszillographen aufzunehmen, Morris 30. — Sprungsche Vereinfachg. meines Regen-Auffangapp. u. neuer Regenantograph, Gallenkamp 33. — Druckanemograph v. Rohrdanz, Rykatschew 41. — Chrystals selbstregistrier. Limnimeter, Chrystal, Murray 50. — Preisliste üb. erdmagnet. Variations-Instr., Registrier-App. u. Hülfs-Instr., Toepfer & Sohn 225. — App. z. Registrierg. d. Schlinger- u. Stampfbeweggn. v. Schiffen, Hecker 265. — Bestimmg. d. Verhältnisses der elektromagnet. Einheit der Elektrizitätsmenge zur elektromagnetischen, Rosa, Dorsey 309.
Reichenheim, O., Einf. Quarzspektrograph 340. — Notiz dazu 384.
Reichsanstalt, Physikalisch-Technische: Thermokraftfreier Kompensationsapp. m. fünf Dekaden u. konstantem kleinem Widerstand, Diesselhorst 1. — Kompensationswiderstand für das Kadmium-Normalelement, Diesselhorst 38. — Störung an hochempfindl. Quadrantelektrometern, Schultze 61. — Interferenzapp. z. Messg. d. Querkontraktion eines Stabes bei Belastg., Grüneisen 89. — Tätigkeit d. Physikal.-Techn. Reichsanstalt im Jahre 1907 101, 139, 172. — Lineare Ausdehng. d. Skalengläser bei höheren Temperaturen, Wiebe, Mocller 137. — Messg. induktiver Widerstände m. hochfreqnenten Wechselströmen; Meth. z. Messg. kleiner Selbstinduktionskoeffizienten, Giebe 196. — Empfindl. Drehspuleugalvanometer von kleinem Widerstand d. Firma Siemens & Halske, Jaeger 206. — Einfluß d. Luftfeuchtigkeit auf elektr. Widerstände, Lindeck 229. — Thermometr. Eigenschaften des alkalifreien Glases 477III, Wiebe 293. — Vaknumbolometer, Warburg, Leithäuser, Johansen 305. — Untersuchgn. üb. d. Silbervoltameter, Jaeger, v. Steinwehr 327, 353. — Einf. Quarzspektrograph, Reichenheim 340. — Notiz dazu 384. — Scheinbare Abweichgn. vom Mariotteschen Gesetz u. deren Einfluß auf d. Messg. kleiner Drucke, Scheel, Heuse 346.
Reichs-Marineamt, Handb. f. Küstenvermessgn. 224.
Repsold, J. A., Geschichte d. astronom. Meßwerkzeuge v. Purbach bis Reichenbach, 1450 bis 1830, 285.
Richards, Th. W., u. Fr. Wrede, Umwandlungstemperatur d. Mauganchlorürs 50.
Richter, E. O., & Co., Planimeter System Pregel 373.
Rinck, M., Vierfacher Spektralspalt 169.
v. Rohr, M., Binokulare Instrumente 256.
Rohrdanz, K. K., Druckanemograph, Rykatschew 41.
Rosa, E. B., u. N. E. Dorsey, Bestimmg. d. Verhältnisses d. elektromagnet. Einheit der Elektrizitätsmenge zur elektrostatischen 309.
Rykatschew, M. M., Druckanemograph v. Rohrdanz 41.

Schallmessung s. Akustik.
Scheel, K., u. W. Heuse, Scheinbare Abweichgn. vom Mariotteschen Gesetz u. deren Einfluß auf d. Messg. kleiner Drucke 346.
Schenck, F., Vierfacher Spektralspalt, Rinck 169.
Schenrer, K., Zwicky-Reißsche Libelle m. Schenrers Skalenhalter 159.
v. Schlebach, W., Kalender f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik 380.
Schnyder, M., Linear-Planimeter Weber-Kern 247.
Schönrock, O., Erwiderung auf Bemerkgn. zu einem Referat üb. e. Arbeit von E. Giesing: „Untersuchgn. ebener Reflexionsbeugungsgitter u. s. w.“ 276.
Schrauben: Einf. Meth. z. Bestimmg. d. period. Fehler v. Mikrometerschrauben, Felgentraeger 80. — Meth. z. Bestimmg. d. Fehler v. Mikrometerschrauben, Keil 243.
Schreiber, A., Genauigkeitsversuche mit e. Bohneschen Aneroid 22.
Schultze, H., Störung an hochempfindl. Quadrantelektrometern 61.
Schumann, R., Vergleich zwischen mehreren Gleichgn. e. Maßstabes 48.
Schwarzschild, K., Hängender Kollimator z. Bestimmg. d. Zenitpunktes 121.
Schwere u. Schweremessungen: Bestimmg. d. Mitschwingens bei Pendelapp. m. d. Niveau, Hecker 70.
Selbstinduktion s. Elektrizität.
Sensitometrie s. Photographie.
Sextanten s. Nautik.
Siemens & Halske A.-G., Preisliste üb. thermo-elektr. Pyrometer 32. — Preisliste üb. elektr. Meßinstr. f. Laboratorien u. Montage 163. — Empfindl. Drehspulengalvanometer v. kleinem Widerstand, Jaeger 206.
Silbervoltameter s. Elektrizität.
Smith, F. E., s. Ayrton.
Sonza-Brandão, V., Gefäß-Totalreflektometer u. Achsenwinkelapp. in Verbindg. mit d. Babinetschen Goniometer 380.
Spektralanalyse: Einf. Interferenzspektroskop, Gehrcke 28. — App. zur Erzengg. d. Funkenspektra v. Lösungen, de Gramont 83. — Mechanismus zur genauen Erhaltg. d. Minimums der Ablenkg. bei e. Prismenzug, Hamy 122. — Vierfacher Spektralspalt, Rinck 169. — Spektralapp. f. Polarisations- u. Phasendifferenzmessgn., Lummer, Kynast 194. — Kurzer Abriß d. Spektroskopie u. Kolorimetrie, Baur 198. — Untersuchgn. ebener Reflexionsbeugungsgitter m. Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit z. absolut. Messg. v. Lichtwellenlängen, Giesing 217. — Erwiderg. auf d. vorstehend. Referat, Paschen 275. — Erwiderg. auf vorstehend. Bemerkgn., Schönrock 276. — Königsches Spektralphotometer in neuer Anordng. u. seine Verwendg. zur Bestimmg. chem. Gleichgewichte, Hildebrand 254. — Preisliste üb. Spektrometer, Spektralapp., Spektrographen, Refraktometer u. Hülfsapp., Fueß 259. — Gitter-Spektroskop m. einer nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube, Löwe 261. — Spektrophotometer nach Art d. Hüfnerschen, Houstoun 272. — Verwendg. v. Helinmlicht z. Messg. opt. Konstanten, Harting 273. — Verbessergn. d. Vierordtschen Doppelspaltmeth., Krüß 296. — Einf. Quarzspektrograph, Reichenheim 340. — Notiz dazu 384. — Eisonlinien als Vergleichsspektrum bei relativen spektroskop. Messgn., Buisson, Fabry 349. — Universalspektrograph, konstruiert v. O. Toepfer & Sohn in Potsdam, Hagenbach 368.
Spezifisches Gewicht: Bestimmgn. d. Volumens e. Kilogramm Wasser, Benoit, Chappnis 49.
v. Steinwehr, H., s. Jaeger.
Steinheil Söhne, C. A., Zur Hartmannschen Methode d. Zonenprüfg., Erfle 289.
Stromwagen s. Elektrizität.

Tapla, Th., Grundzüge d. nied. Geodäsie 258.
Taylor, A. H., u. E. H. Williams, Verteilte Kapazität in Widerstandskästen 313.
Teilungen: Genauigkeit d. Nonienablesg., Eggert 117.

Teleskope s. Astronomie u. Fernrohre.
Thermoelemente s. Thermometrie.
Thermometrie: Messg. sehr tiefer Temperaturen, Kamerlingh Onnes, Crommelin 27. — Preisliste üb. thermoelektr. Pyrometer, Siemens & Halske 32. — Umwandlungstemperatur des Manganchlorürs, Richards, Wrede 50. — Messg. sehr tiefer Temperaturen, Kamerlingh Onnes, Clay 82. — Lineare Ausdehng. d. Skalengläser bei höheren Temperaturen, Wiebe, Moeller 137. — Ausdehnungspyrometer, Féry 159. — Studien üb. das Hypsometer, Mohn 250. — Thermometr. Eigenschaften d. alkalifreien Glases 477^{III}, Wiebe 293. — Normal-Temperaturskale zw. 0° u. 100° C., Waidner, Dickinson 375.
Thompson, F. V., Stereophotogrammetr. Landesvermessg. 371.
Toepfer, O., & Sohn, Preisliste üb. erdmagnet. Variations-Instr., Registrier-App. u. Hülfs-Instr. 225. — Universalspektrograph, Hagenbach 368.
Trotter, A. P., Universalphotometer 195.

Vakuumbolometer s. Wärme.
Voege, W., Verfahren z. Aufnahme d. Lichtverteilungskurve und d. Gleichförmigkeitsgrades künstlich. Lichtquellen 252.
Voltameter s. Elektrizität.
van der Waals, J. D., Lehrb. d. Thermodynamik in ihrer Anwendg. auf d. Gleichgewicht v. Systemen mit gasförmig-flüssigen Phasen 225.

Wagen u. Wägungen: Aperiod. Wage m. Eigendämpfg., Crémieu 24. — Untersuchgn. üb. d. fraglichen Änderungen d. Gesamtgewichtes chem. sich umsetzender Körper, Landolt 249.
Waidner, C. W., u. H. C. Dickinson, Normal-Temperaturskale zw. 0° u. 100° C. 375.
Wallace, R. J., Studien z. Sensitometrie I. Die Tageslicht-Sensitometrie photogr. Platten u. Vorschlag e. einheitl. Dispersions-Systems 53.
Warburg, E., G. Leithäuser u. E. Johansen, Vakuumbolometer 305.
Wärme: I. Theoretische Untersuchungen u. Meßmethoden: Messg. sehr tiefer Temperaturen, Kamerlingh Onnes, Crommelin 27. — Umwandlungstemperatur d. Manganchlorürs, Richards, Wrede 50. — Messg. sehr tiefer Temperaturen, Kamerlingh Onnes, Clay 82. — Lineare Ausdehng. d. Skalengläser bei höheren Temperaturen, Wiebe, Moeller 137. — Wärmeleitfähigkeit v. Wärmeisolierstoffen, Nußeld 190. — Lehrb. d. Thermodynamik in ihrer Anwendg. auf d. Gleichgewicht v. Systemen m. gasförm.-flüss. Phasen, van der Waals 225. — Ausdehng. d. Wassers, Chappuis 374. — Normal-Temperaturskale zw. 0° u. 100° C., Waidner, Dickinson 375. — II. Apparate: Beasleys Registrier-Gaskalorimeter 25. — Preisliste üb. thermoelektr. Pyrometer, Siemens & Halske 32. — Lehrb. d. Physik, 3. Bd., Chwolson 125. — Ausdehnungspyrometer, Féry 159. — Bimetallisches Blatt-Aktinometer, Michelson 192. — Kalorimeter z. Bestimmg. d. Heizwertes von Gasen u. Flüssigk., Féry 216. — Studien üb. d. Hypsometer, Mohn 250. — Vakuumbolometer, Warburg, Leithäuser, Johansen 305.
Wasser: Bestimmgn. d. Volumens e. Kilogramm Wasser, Benoit, Chappuis 49. — Ausdehng. d. Wassers, Chappuis 374.
Wasserstandsanzeiger (Flutmesser, Pegel): Chrystals selbstregistrier. Limnimeter, Chrystal, Murray 50.
Wattmeter s. Elektrizität.
Weber, L., Beschreibg. v. zwei Ranmwinkelmessern 129.
Weber, Linear-Planimeter Weber-Kern, Schnyder 247.
Wechselstrom s. Elektrizität.
Weiß, P., Sehr starker Elektromagnet 31. — Notiz dazu 88.
Wetzlarer Optische Werke s. Hensoldt & Söhne.
Widerstände s. Elektrizität.
Wiebe, H. F., Thermometr. Eigenschaften des alkalifreien Glases 477^{III} 293.
Wiebe, H. F., u. G. Moeller, Lineare Ausdehng. d. Skalengläser bei höheren Temperaturen 137.
Williams, E. H., s. Taylor.
Wrede, Fr., s. Richards.
Wright, Fr. E., Justierg. d. Abbe-Pulfrichschen Kristallrefraktometers 201.
Wright, W. H., Mills-Expedition d. Lick-Sternwarte nach d. südl. Halbkugel (Einleitender Bericht; Beschreibg. d. Instr. u. Methoden) 342.

Zeiß, C., Stand-Phototheodolite u. dessen Gebrauch an Bord e. Schiffes, Pulfrich 72. — Verfahren d. Körpermessg., Pulfrich 117. — Gitter-Spektroskop mit e. nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube, Löwe 261. — Ausmessg. stereophotogramm. Küstenaufnahmen v. Schiff aus, Pulfrich 317.
Zeitmessung: Bestimmg. des Verhältnisses d. elektromagnet. Einheit der Elektrizitätsmenge zur elektrostatischen, Rosa, Dorsey 309.
Zwaardemaker, H., Geschwindigkeitsmesser f. strömende Luft (Aërodromometer) 17.
Zwicky-Reißsche Libelle m. Scheurers Skalenhalter 159.

Verzeichnis der Referenten des Jahrgangs 1908.

Name	Wohnort
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Brodhun (*E. Br.*)	Charlottenburg
Dr. Brückmann	Potsdam
P. Culmann	Paris
Dr. Endrös	Traunstein
Dr. Gebrcke	Charlottenburg
Dr. Giebe (*Gb.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Gumlich (*Glch.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Hammer	Stuttgart
Dr. A. Haerpfer	Prag
Reg.-Rat Dr. H. Harting	Berlin
Prof. Dr. J. Hartmann (*J. H.*)	Potsdam
Dr. Henning (*Hng.*)	Charlottenburg
Dr. Hoffmann (*Hffm.*)	Charlottenburg
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Jaeger (*W. J.*)	Charlottenburg
Dr. L. Janicki (*L. J.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Knopf (*Kn.*)	Jena
Admiralitäts-Rat Prof. Dr. Kohlschütter	Berlin
Dr. A. König (*A. K.*)	Jena
Dr. H. Krüß (*H. K.*)	Hamburg
Dr. M. Lane	Berlin
C. Leiß (*C. L.*)	Steglitz-Berlin
Dr. Leitbäuser (*Ltbr.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. E. Liebenthal (*E. Lb.*)	Charlottenburg
Dr. Löwe (*Lö.*)	Jena
Prof. Dr. H. Maurer (*H. M.*)	Berlin
Dr. J. Maurer (*J. M.*)	Zürich
Prof. Dr. E. Orlich (*E. O.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Rothe (*Rt.*)	Clausthal
Prof. Dr. Scheel (*Schl.*)	Charlottenburg
Dr. Schönrock (*Schck.*)	Charlottenburg
Dr. H. Schultze (*H. Sch.*)	Charlottenburg
Dr. v. Steinwehr (*v. St.*)	Charlottenburg
Dr. S. Valentiner (*S. V.*)	Charlottenburg
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Wiebe (*Wb.*)	Charlottenburg

Digitized by Google

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

GENERAL LIBRARY,
UNIV. OF MICH.
JAN 18 1909

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

L. Ambronn in Göttingen, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. v. Neumayer** in Neustadt a. H., **A. Repsold** in Hamburg, **A. Ruepprecht** in Wien, **R. Straubel** in Jena, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Achtundzwanzigster Jahrgang.

1908.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

W. Jaeger und H. v. Steinwehr, Untersuchungen über das Silbervoltameter (Fortsetzung) S. 353. — A. Hagenbach, Ein Universalspektrograph, konstruiert von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam S. 368. — Referate: Stereophotogrammetrische Landesvermessung. Autostereograph S. 371. — Planimeter System Pregél S. 373. — Fahrbarer Staffelapparat S. 373. — Die Ausdehnung des Wassers S. 374. — Über die Normal-Temperaturskala zwischen 0° und 100° C. S. 375. — Gefäß-Totalreflektometer und Achsenwinkelapparat in Verbindung mit dem Behnetschen Goniometer S. 380. — Bücherbesprechungen: Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik S. 380. — Neue Preisliste von A. Krüß in Hamburg S. 382. — Neu erschienene Bücher: S. 383. — Notiz: S. 384. — Namen- und Sach-Register: S. 385.

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1908.

Hierzu Beiblatt: (Deutsche Mechaniker-Zeitung.) — Nr. 23 u. 24.

Digitized by Google

Die Zeitschrift für Instrumentenkunde

erscheint in monatlichen Heften von etwa 4 Quartbogen (Hauptblatt) und einem Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) im Umfange von etwa 2 Bogen im Monat. — Preis des Jahrgangs M. 20,—.

Wissenschaftliche Original-Beiträge werden honoriert.

Autoren von Arbeiten, die in anderen Zeitschriften des In- und Auslandes erschienen und für die Leser der Zeitschrift für Instrumentenkunde von Interesse sind, werden um Einsendung eines Sonderabzuges gebeten, um darüber im Referate-Teil berichten zu können.

Redaktionelle Anfragen und Mitteilungen für das Hauptblatt wolle man an den Redakteur, Prof. Dr. St. Lindeck, Charlottenburg-Berlin, Bismarck-Str. 61 III, richten.

nimmt Anzeigen gewerblichen und literarischen Inhalts, Stellengesuche und -Angebote etc. auf und sichert denselben die weiteste und zweckmäßigste Verbreitung.

Bei jährlich	1	3	6	12 mal. Aufnahme
kostet die einmal gespaltene Petitzeile	50	45	40	30 Pf.

Anzeigen werden von der Verlagshandlung, sowie von den Annoncenexpeditionen angenommen.

Beilagen werden nach einer mit der Verlagshandlung zu treffenden Vereinbarung zugefügt.

Abonnements nehmen entgegen alle Buchhandlungen und Postanstalten des In- und Auslandes, sowie auch die Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin N., Monbijouplatz 3.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Soeben erschien:

Handbuch des Materialprüfungswesens

für Maschinen- und Bauingenieure.

Von

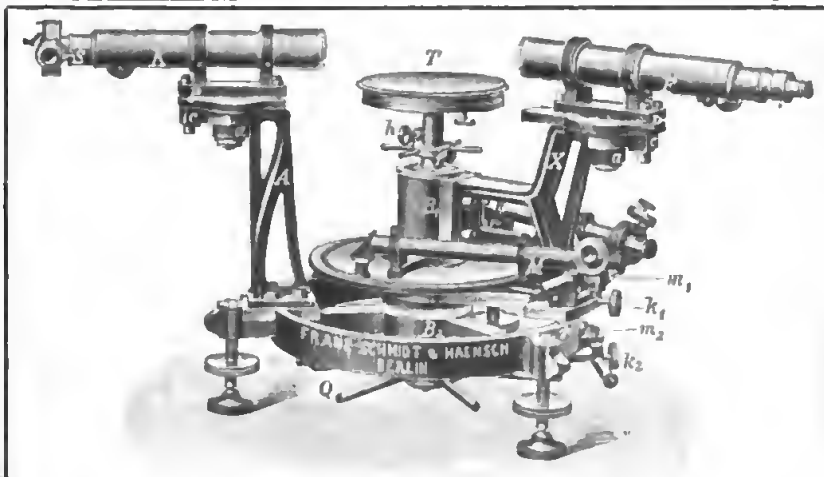
Dipl.-Ing. **Otto Wawrziniok,**

Adjunkt an der Königl. Technischen Hochschule zu Dresden.

Mit 501 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.



Großes Universalspektrometer.

Polarisations- und Spektral-Apparate, :: Spektrometer, :: Photometer, Spektral - Photometer, Farbenmischapparate, Projektionsapparate (Episkope und Epidiaskope), : Ablesefernrohre : sowie andere wissenschaftl. Instrumente.

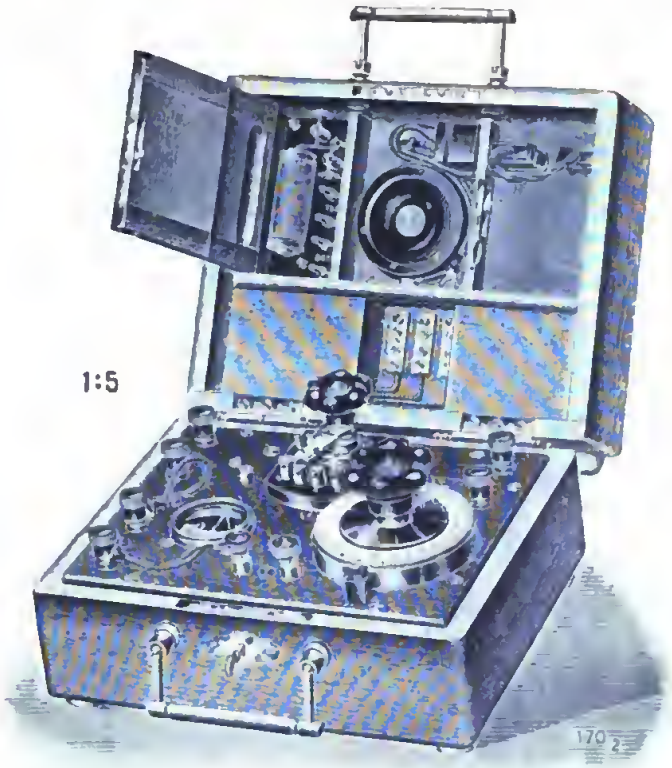
[2512]

Franz Schmidt & Haensch

Werkstätten für Präzisions-Mechanik und Optik

Berlin S. 42, Prinzessinnenstr. 16.

Preislisten kostenlos. Preislisten kostenlos.



Transportabler Apparat zur Messung des Widerstands fester und flüssiger Leiter.

Hartmann & Braun
A.-G.
Frankfurt a. M.

Elektrische und magnetische Messinstrumente u. Hilfsapparate
für wissenschaftliche und industrielle Zwecke.

Stationäre und transportable Instrumente
für direkte Ablesung.

Laboratoriumsinstrumente
aller Art. [2494 m]

Photometer.

Resonanzapparate.

Einfaches Instrumentarium
für den Schulunterricht.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Vor kurzem erschien:

Fehlands

Ingenieur-Kalender 1909.

Für Maschinen- und Hütten-Ingenieure

herausgegeben von

Professor Fr. Freytag,

Lehrer an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz.

XXXI. Jahrgang. — In zwei Teilen.

Mit zahlreichen Abbildungen und einer Eisenbahnkarte.

I. Teil in Leder mit Klappe. — II. Teil geheftet. **Preis zusammen M. 3,—.**
Brieftaschen-Ausgabe mit Ledertaschen usw. **Preis M. 4,—.**

Der von dem Verfasser des bekannten Werkes „Hilfsbuch für den Maschinenbau" herausgegebene Kalender tritt nunmehr in das 4. Dezennium seines Bestehens. Auch der neue Jahrgang hat wieder wesentliche Verbesserungen und zeitgemäße Ergänzungen in textlicher und illustrativer Hinsicht erfahren. Dieselben betreffen hauptsächlich die Kapitel: Mechanik (Biegungs- und Drehungsfedern, Festigkeit plattenförmiger Körper und von Gefäßen); Maschinenteile (Kugellager, Kreuzköpfe, Kulben, Stopfbüchsen, Dampfzylinder); Verbrennungsmotoren (Raummaße und Gewichte von Leuchtgas- und Sauggasmotoren-Anlagen anhand beigefügter Abbildungen); Pumpen und Gebläse (Turbinenpumpen, Pulsometer, Injektoren). Das Kapitel „Eisenhüttenwesen und Eisengießerei" ist vollständig umgearbeitet worden, und es sind ferner die Kapitel „Brennstoffe" und „Erfindungsschutz im In- und Auslande" einer ernenten Durchsicht unterzogen. Neu aufgenommen sind: Die „Regeln für Leistungsversuche an Gasmaschinen und Gaserzeugern", und die „Gebührenordnung der beratenden Ingenieure für Elektrotechnik".

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Cl. Riefler
Fabrik mathematischer Instrumente
Nesselwang und München.
Präzisions-**Reifszeuge,** [2589]
Präzisions-Sekundenpendel-**Uhren,**
Nickelstahl-, Kompensations-**Pendel.**
Grand Prix: Paris 1900, St. Louis 1904, Lüttich 1905.
Illustrierte Preisliste gratis.

Silberstahl-Abfall in Stäben von 1—36 mm Durchm. und 5—75 cm Länge; [2588]
edelster Werkzeugstahl;
poliert und gerichtet M. 2,—; napoliert und ungerichtet M. —,80 per Kilo. H. D. Becker Sohn, Iserlohn 38.

Photometer [2493]
Spectral-Apparate
Projektions-Apparate
Glas-Photogramme
Physikalische Apparate n. Prof. Grimsehl
A. KRÜSS
Optisches Institut. Hamburg.

[2662] **DIA**mant z. Teilen, Sägen, Glasschneiden, Abdrehen v. Schmirgel etc.
Ernst Winter & Sohn
Hamburg-El.
gegr. 1847

KEISER & SCHMIDT
Berlin-Charlottenburg 2

Neues hochempfindliches Spiegelgalvanometer, Präzisionswiderstände, Meßbrücken, Kompensationsapparate, Präzisions-Ampère- und Voltmeter f. Laboratorien und Schalttafeln, Galvanometer, Funkeninduktoren, Kondensatoren, Rubenssche Thermosäulen, Pyrometer b. 1600° C., Elemente.
[2634]

FRITZ KOHLER UNIVERSITÄTS-MECHANIKER LEIPZIG

Physiko-Elektro-Photochemische Apparate.

[2495 VI]

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Vor kurzem erschien:

Lebendige Kräfte.

Sieben Vorträge auf dem Gebiete der Technik
von
Max Eyth.
Zweite Auflage.
Mit in den Text gedruckten Abbildungen.
In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Lebenserinnerungen an Werner v. Siemens.
Dritte Auflage, dritter unveränderter Abdruck.
Mit dem Bildnis des Verfassers in Kupferätzung.
Preis M. 5,—; in Halbleder geb. M. 7,—.

Wohlfeile Volksausgabe.
Achte Auflage.
Mit dem Bildnis des Verfassers in Kupferätzung.
In Leinwand gebunden Preis M. 2,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Richard Müller-Uri, Braunschweig, Glastechnische Präzisions-Arbeiten Vorlesungs- u. Laboratoriums-Apparate für Chemische, Physikalische und Elektrotechnische Institute.

Neuheiten und Spezialitäten:
Apparat für Siedepunktbestimmung in flüssiger Luft nach Erdmann.
Chem. Vorlesungsapparate n. Lovin.
Dewars Apparate für Wärmeentwicklung und Gasabsorption etc.
Elektroskope mit absolut. Isolierung
Emanationsapparate n. Rutherford u. Soddy.
Extragroße Hochvakuumröhren.
Extragr. Ryan-Braun-Röhre f. Wechselstrom-Kurven u. and. Modelle.
Gefäße für flüssige Luft, evakuiert.
Geißler-Röhren-Serie Kompendium.
Leuchtschirme n. Giesel (Sidotbl.).
Licht- u. luftelektr. Entladungsappar.
Neue Spektralröhren D. R. G. M. für Länge- und Quersicht.
Original-Vakuum-Skala nach Crookes.
Präzisions-Vakuometer D. R. G. M.
Quecksilber-Bogenlampe „Magne".
Quecksilber-Schnellpumpe, neue.
Spektroskop. Absorptionsgefäße m. Hg-Dichtung, zerlegbar. [2514]
Spintharisкope nach Crookes.
Trockensäulen, Elster-Geitel u. Minimax

Hierzu eine Beilage von: Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. in Berlin.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Digitized by Google

...IN LIBRARY
AUG 29 1910

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03551 5116

Digitized by Google